

ENTRENAMIENTO TOTAL

Jürgen Weineck



ENTRENAMIENTO TOTAL

J. Weineck



Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del “copyright”, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

© Spitta Verlag GmbH, Balingen, Alemania
Titulo original: Optimales training

Traductor: Ramón Polledo

Diseño de cubierta: David Carretero

Revisor técnico: Manuel Pombo

© 2005, J. Weineck
Editorial Paidotribo
Consejo de Ciento, 245 bis, 1º 1ª
08011 Barcelona
Tel.: 93 323 33 11 – Fax.: 93 453 50 33
<http://www.paidotribo.com/>
E-mail: paidotribo@paidotribo.com

Primera edición:
ISBN: 84-8019-805-2
Fotocomposición: Editor Service, S.L.
Diagonal, 299 – 08013 Barcelona
Impreso en España por Sagrafic

Índice

Prólogo.....	11
Parte I	
Fundamentos generales de la teoría del entrenamiento	13
1 Entrenamiento y entrenabilidad. Definición	15
Entrenamiento	15
Entrenabilidad	15
2 Capacidad de rendimiento deportivo	19
Definición	19
Factores de la capacidad de rendimiento deportivo	19
Desarrollo de la capacidad de rendimiento deportivo	19
Capacidad de rendimiento deportivo y componentes de la carga	21
3 Principios del entrenamiento deportivo	25
1. Principios de la carga para producir efectos de adaptación	26
Principio del estímulo eficaz para el entrenamiento	26
Principio de la carga individualizada	26
Principio de la carga creciente	26
Principio de la sucesión correcta de las cargas	28
Principio de la carga variada	29
Principio de la alteración de la carga	29
Principio de la relación óptima entre carga y recuperación	29
2. Principios de la organización cíclica para garantizar la adaptación	32
Principio de la carga continua	32
Principio de la periodización de la carga	32
Principio de la regeneración periódica	33
3. Principios de especialización para hacer específico el entrenamiento	33
Principio de la adecuación a la edad	33
Principio de la especialización de la carga	33

4. Principios de proporcionalización	34
Principio de la relación óptima entre preparación general y específica	34
Principio de la relación óptima en el desarrollo de los componentes del rendimiento	35
4 Planificación, organización y evaluación del proceso de entrenamiento	39
Definición	39
Tipos de planes de entrenamiento	39
Elaboración de planes de entrenamiento	41
Organización de una sesión de entrenamiento	41
Elaboración posterior y evaluación del entrenamiento	43
5 Organización del entrenamiento y evaluación del rendimiento	45
Organización del entrenamiento	45
Evaluación del rendimiento	48
Requisitos para los procedimientos de control y de tests	50
Tipos de tests. Modalidades de realización. Tablas de evaluación	52
6 El proceso de entrenamiento a largo plazo	53
Estructuración del proceso de entrenamiento a largo plazo	54
7 Entrenamiento y periodización	57
Clasificación de los ciclos anuales	57
El problema de la periodización sencilla y doble	58
Macroциclos y microциclos	58
Periodización en las edades infantil y juvenil	60
8 Importancia de la competición y su planificación para el desarrollo del estado de entrenamiento	63
Competición y consolidación sistemática del rendimiento	63
Competición como herramienta de entrenamiento eficaz	64
Competición como método de control y de prueba	64
Preparación del deportista ante la competición	65
La evaluación de la competición	71
9 Fundamentos fisiológicos y deportivo-biológicos para la mejora de la capacidad de rendimiento a través del entrenamiento	73
Entrenamiento como proceso de adaptación	73
Fundamentos generales sobre la estructura de una célula (muscular) y funciones de sus componentes subcelulares	75
Generalidades sobre el metabolismo energético del músculo	80
Fundamentos generales de las estructuras y funciones del sistema neuromuscular y de la motricidad deportiva	84

10 Fundamentos deportivo-biológicos del entrenamiento infantil y juvenil	93
Particularidades de las edades infantil y juvenil originadas por el crecimiento	94
Breve caracterización psicofísica de las diferentes etapas de edad. Consecuencias para la organización del entrenamiento	102
11 Búsqueda y promoción de talentos en las edades infantil y juvenil	111
Definición	111
Búsqueda de talentos	112
Selección de talentos	112
Promoción de talentos	112
Métodos de la promoción de talentos	112
Tesis sobre la promoción de talentos	112
Importancia de la búsqueda de talentos y la determinación de aptitudes	114
Factores de la búsqueda de talentos y la determinación de aptitudes	115
Proceso de selección y formación de talentos en el deporte	115
Fundamentos de la búsqueda de talentos y del dictamen de aptitud	117
Problemas de la búsqueda y la promoción de talentos	120

Parte II

Entrenamiento de las principales capacidades motoras	125
12 Entrenamiento de la resistencia	131
Definición	131
Tipos de resistencia	131
Importancia de la resistencia de base	134
Fundamentos anatómo-fisiológicos del entrenamiento de resistencia	136
Métodos y contenidos del entrenamiento de la resistencia	153
Exigencias de la resistencia de corta, media y larga duración	170
Tests y formas de control de la resistencia para el diagnóstico del rendimiento y la organización del entrenamiento	171
Periodización del entrenamiento de resistencia	189
Desentrenamiento	192
Principios metodológicos del entrenamiento de la resistencia	193
Entrenamiento de la resistencia en las edades infantil y juvenil	194
13 Entrenamiento de la fuerza	215
Definición	215
Tipos de fuerza	215
Tipos de trabajo muscular	222
Tipos de contracción muscular	222
Importancia de la fuerza	222
Interacciones de la fuerza con otras capacidades motoras	223
Fundamentos anatómo-fisiológicos del entrenamiento de la fuerza	224
Métodos y contenidos del entrenamiento de la fuerza	240

Formas de ejecución y de organización del entrenamiento de la fuerza	266
Métodos y procedimientos para el entrenamiento de la fuerza máxima, la fuerza rápida y la resistencia de la fuerza	272
Fatiga y recuperación en el entrenamiento de la fuerza dinámico y estático	283
Tests de fuerza y ejercicios de control para el diagnóstico del rendimiento y la organización del entrenamiento	284
Riesgos y problemas en el entrenamiento de la fuerza: medidas profilácticas	300
La respiración en el entrenamiento de la fuerza	302
Entrenamiento de la fuerza y desequilibrios musculares	303
Planificación y periodización del entrenamiento de la fuerza	318
Principios metodológicos básicos sobre el entrenamiento de la fuerza	334
Entrenamiento de la fuerza en las edades infantil y juvenil	336
14 Entrenamiento de la velocidad	355
Definición	355
Tipos de velocidad	356
Entrenabilidad de la velocidad.....	358
Fundamentos anatómo-fisiológicos del entrenamiento de la velocidad.....	359
Factores determinantes para la velocidad	374
Métodos y contenidos para mejorar las características determinantes de la velocidad	384
Entrenamiento de la velocidad y componentes de la carga	406
El problema de la barrera de la velocidad	411
Tests y formas de control de la velocidad como herramienta para la selección de talentos, el diagnóstico del rendimiento y la organización del entrenamiento	414
La división a largo plazo del proceso de entrenamiento de la velocidad	416
Periodización del entrenamiento de la velocidad	416
Indicaciones metodológicas sobre el entrenamiento de la velocidad	418
Entrenamiento de la velocidad en las edades infantil y juvenil	419
15 Entrenamiento de la movilidad	439
Definición	439
Tipos de movilidad	439
Importancia de la movilidad	440
Entrenabilidad de la movilidad	441
Fundamentos anatómo-fisiológicos del entrenamiento de la movilidad	441
Métodos del entrenamiento de la movilidad	445
Indicaciones metodológicas acerca del <i>stretching</i>	450
La eficacia de las diferentes técnicas de estiramiento	455
Contenidos del entrenamiento de la movilidad: programa de estiramientos	455
Tests y formas de control de la movilidad como medios de diagnóstico del rendimiento y la regulación del entrenamiento	460
Tests funcionales para valorar los grupos musculares acortados	466
Entrenamiento de la movilidad en el proceso de entrenamiento a largo plazo. Periodización	470
Principios metodológicos básicos	471
Entrenamiento de la movilidad en las edades infantil y juvenil	472

16 Entrenamiento de las capacidades coordinativas	479
Definición	479
Tipos de capacidades coordinativas	479
Importancia de las capacidades coordinativas	479
Entrenabilidad de las capacidades coordinativas	480
Componentes de las capacidades coordinativas	480
Importancia de los factores de rendimiento físicos para las capacidades coordinativas	486
Fundamentos anatómo-fisiológicos de los procesos de regulación y conducción en el transcurso de las acciones deportivas	486
Métodos y contenidos del entrenamiento de las capacidades coordinativas	488
Ejercicios de test y de control	491
Entrenamiento de las capacidades coordinativas en el proceso de entrenamiento a largo plazo	492
Principios metodológicos básicos para el entrenamiento de las capacidades coordinativas	493
Entrenamiento de las capacidades coordinativas en las edades infantil y juvenil	493

Parte III

Entrenamiento de la técnica y la táctica deportivas..... 499

17 Entrenamiento de la técnica deportiva	501
Definición	501
Importancia de la técnica deportiva	501
Entrenabilidad de la técnica deportiva	501
Etapas del entrenamiento de la técnica	502
Criterios y características de la técnica deportiva	502
Factores que influyen sobre el proceso de aprendizaje de la técnica	503
Fases del aprendizaje en el entrenamiento de la técnica deportiva	504
Fundamentos psicomotores y de neurofisiología relacionados con el aprendizaje del movimiento (de la técnica)	506
Contenidos del entrenamiento general y específico de la técnica	512
Métodos del entrenamiento de la técnica	513
Medidas metodológicas	514
El problema de la multilateralidad y la especialización	514
El fenómeno de la lateralidad	521
El fenómeno de la tipología de la lateralidad	525
La transferencia contralateral	527
El problema del estancamiento en el desarrollo de la técnica	531
Control y tests	532
Entrenamiento de la técnica en el proceso a largo plazo. Periodización	532
Principios metodológicos básicos sobre el entrenamiento de la técnica	533
Entrenamiento de la técnica en las edades infantil y juvenil	533
18 Entrenamiento de la táctica deportiva	537
Definición	537
Tipos de táctica deportiva	537

Componentes de la táctica deportiva	537
Importancia de la táctica deportiva	539
Organización y conducción de la competición deportiva	539
Tareas de la formación táctica	539
Controles y tests.....	541
Entrenamiento de la táctica en el proceso de entrenamiento a largo plazo. Periodización	541
Principios metodológicos básicos	542
Entrenamiento de la táctica en las edades infantil y juvenil	542

Parte IV

Entrenamiento psicológico para mejorar la capacidad de rendimiento deportivo	545
19 Métodos psicológicos para mejorar la regeneración y aumentar la capacidad de rendimiento físico	547
Entrenamiento autógeno (EA)	547
Formas emparentadas con el entrenamiento autógeno	549
20 Métodos psicológicos para mejorar el aprendizaje de la técnica	555
Entrenamiento mental (EM)	555
Formas emparentadas con el entrenamiento mental	563
21 Métodos psicológicos para eliminar factores de distorsión psíquicos que influyen sobre la capacidad de rendimiento deportivo	567
Hipnosis	567
Desensibilización. Modificación sistemática del comportamiento	567
22 Formas combinadas	569

Parte V

Factores que influyen sobre la capacidad de rendimiento deportivo	573
23 Importancia del calentamiento en el deporte	575
Definición	575
Tipos de calentamiento	575
Fundamentos fisiológicos del calentamiento	576
Eficacia del calentamiento dependiendo de diferentes factores endógenos y exógenos	578
Valoración del calentamiento a modo de resumen	580

24	Importancia de la recuperación y la regeneración después de la carga deportiva para la optimización del proceso de entrenamiento	583
	Generalidades sobre la fatiga y la regeneración después de la carga deportiva	583
	Fundamentos fisiológicos de los procesos de regeneración	584
	Medidas para la regeneración después de la carga deportiva	585
	Tipos de medidas de regeneración	587
	El problema de la adaptación a los métodos y medidas de la regeneración	588
	Criterios para evaluar el éxito de la regeneración	588
	Sobrentrenamiento	589
25	La nutrición del deportista	593
	Equilibrio de calorías	593
	Equilibrio de nutrientes	593
	Equilibrio de líquidos	595
	Equilibrio del metabolismo mineral	596
	El equilibrio de vitaminas	600
Parte VI		
	Entrenamiento para la salud como prevención y rehabilitación de enfermedades cardiovasculares o debidas a carencia de movimiento	603
26	Entrenamiento para conservar la salud	605
	Fundamentos generales y modalidades de realización	605
	Entrenamiento para la salud en la media edad y en la edad avanzada	607
	Efectos de un entrenamiento de la resistencia sobre el corazón y los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares degenerativas	608
27	Entrenamiento de la fuerza en el sentido de un entrenamiento para conservar la salud	617
	Bibliografía	619
	Índice alfabético.....	677

Prólogo

En la metodología del entrenamiento de cuño tradicional, el interés primordial se centraba en el registro sistemático y la organización metodológica del entrenamiento de las principales formas de trabajo motor. Al describir los diferentes métodos y contenidos de entrenamiento apenas se estudiaban los aspectos de la fisiología del rendimiento y de la biología del deporte, pues este enfoque requería una sólida fundamentación de tipo médico. En el actual deporte de alta competición, como también en el deporte de niños, jóvenes y personas que lo practican por su salud, se necesita conocer formalmente, sobre la base de una aproximación interdisciplinaria, no sólo los diferentes métodos y contenidos de entrenamiento, sino también su diferente valor para su aplicación en cada momento. El objetivo de este libro es explicar los diferentes métodos de entrenamiento desde el punto de vista de la medicina deportiva y de la fisiología del rendimiento, racionalizando así su aplicación. Además de las regularidades de una metodología general del entrenamiento se tratarán problemas específicos de las capacidades de carga y de trabajo en el ámbito del entrenamiento infantil y juvenil.

Este libro, que se dedica sobre todo al entrenamiento de las principales formas de trabajo motor y a algunos factores aislados de la capacidad de rendimiento deportivo, ofrece múltiples sugerencias, tanto al entrenador (deportista) de elite como al profesor de educación física en el ámbito escolar, que permitirán optimizar el entrenamiento deportivo.

Finalmente, el libro proporcionará también a todos los ciudadanos interesados por su salud un amplio abanico de ayudas para practicar el entrenamiento en función de los puntos de vista y las necesidades individuales, lo que redundará en una profilaxis de las enfermedades derivadas de la carencia de movimiento y de las alteraciones cardiovasculares degenerativas.

Esta traducción de la 8ª edición alemana que ha sido completamente revisada y aumentada, recoge los más recientes avances de la actual metodología del entrenamiento. Desde un enfoque fundamentalmente práctico –en todos los capítulos se ofrecen ejemplos concretos de tipo metodológico y de su contenido–, trata de aproximar los hallazgos científicos a la práctica cotidiana del entrenamiento y del ejercicio.

Jürgen Weineck

Parte I

FUNDAMENTOS GENERALES DE LA TEORÍA DEL ENTRENAMIENTO

1 Entrenamiento y entrenabilidad. Definición

Entrenamiento

El concepto “entrenamiento” se utiliza en la lengua coloquial para los ámbitos más diversos y se suele utilizar en el sentido de un proceso de ejercicio que busca un grado más o menos acentuado de mejora en los objetivos de cada momento. En un sentido muy general Martin (1977, 14) considera el entrenamiento como un proceso que origina un cambio de estado (físico, motor, cognitivo, afectivo).

La fórmula “entrenamiento deportivo” delimita el significado, pero deja abierta la cuestión del desarrollo gradual. Matveiev (1972, 1) entiende por entrenamiento deportivo la preparación física, técnico-táctica, intelectual, psíquica y moral del deportista con la ayuda de ejercicios físicos. Así, el entrenamiento deportivo en la escuela y el deporte para la salud (v. pág. 605) tienen como objetivo la mejora planificada y selectiva de la capacidad de rendimiento corporal, pero no se plantean, como lo hace el deporte de elite, conseguir el rendimiento máximo individual en un proceso a largo plazo, determinado por regularidades estrictas.

Desde la perspectiva de la práctica deportiva, Carl (1989, 218) recomienda definir “el entrenamiento deportivo como un proceso de acciones complejas cuyo propósito es incidir de forma planificada y objetiva sobre el estado de rendimiento deportivo y sobre la capacidad de presentar de forma óptima los rendimientos en situaciones de afirmación personal”.

Por *complejo* se entiende aquí un proceso activo destinado a conseguir efectos apropiados sobre todas las características importantes del rendimiento del deportista (v. fig. 1).

En este contexto, el trabajo es *sistemático* cuando los objetivos, métodos, contenidos, estructura y organización

del entrenamiento están predeterminados, de acuerdo con los postulados científicos y con la experiencia práctica del entrenamiento, cuando la realización del trabajo se orienta en función de dichos postulados y su efecto se evalúa con controles detallados del rendimiento, y si la organización se determina en función del objetivo perseguido (v. Organización del entrenamiento, pág. 45; cf. Röthig 1992, 520).

Existe *objetividad* si todas las acciones o medidas dentro del entrenamiento deportivo están encaminadas directamente a conseguir las metas planteadas.

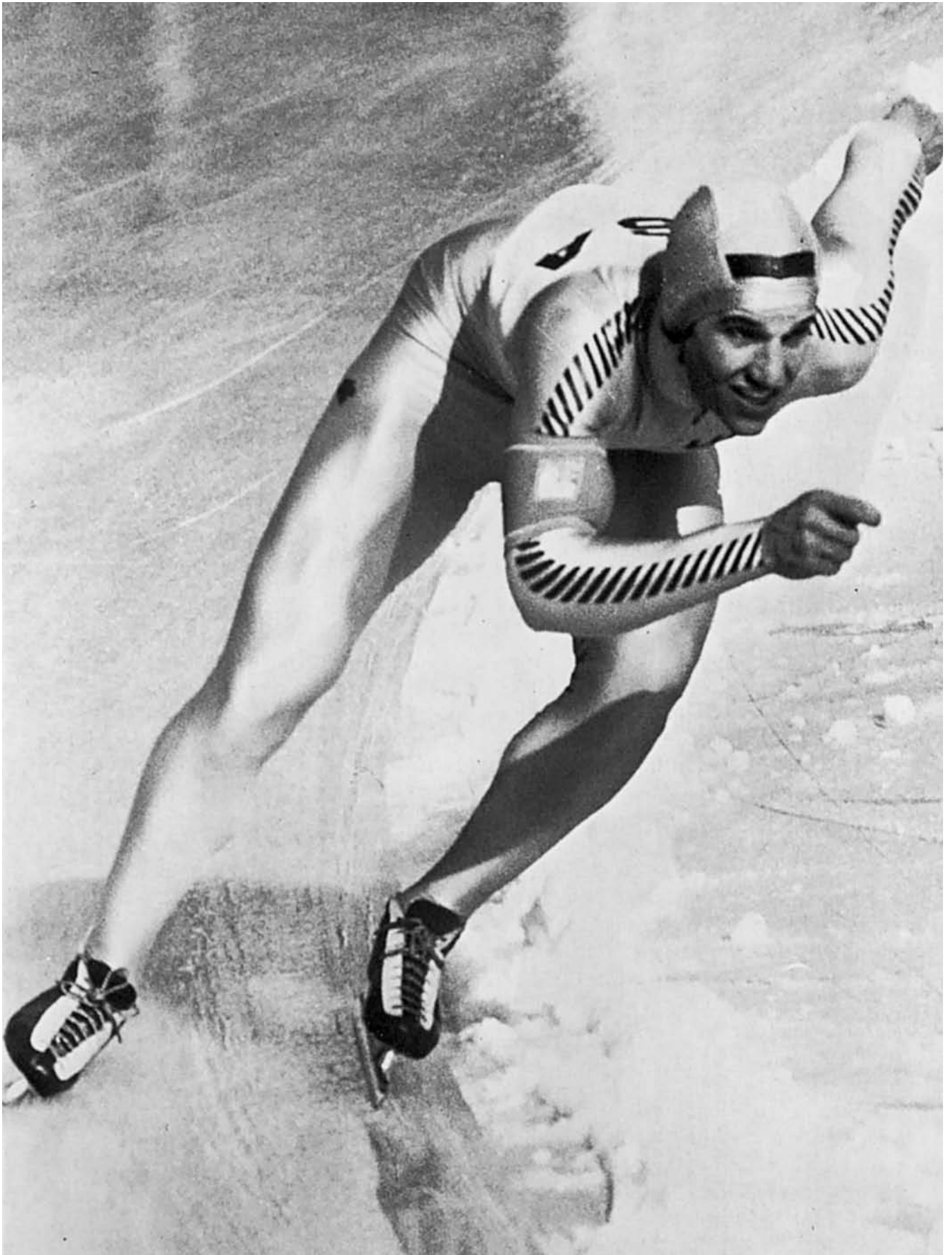
Dependiendo de la meta planteada, el entrenamiento deberá mejorar el estado de rendimiento del deportista, mantenerlo –hablamos de un “entrenamiento de mantenimiento” (v. pág. 326)– o también disminuirlo de forma selectiva, en cuyo caso hablamos de un “desentrenamiento” (v. pág. 192).

De acuerdo con las diferentes metas y niveles de desarrollo, el entrenamiento se puede llevar a la práctica dentro de diferentes *tipos*, como por ejemplo el entrenamiento de alto rendimiento, de *fitness*, de rehabilitación, de técnica, juvenil o infantil (también Röthig 1992, 520).

Entrenabilidad

La *entrenabilidad* refleja el grado de la adaptación a las cargas de entrenamiento. Se trata de una magnitud dinámica, que depende de una serie de factores *endógenos* (constitución corporal, edad, etc.) y *exógenos* (nutrición, condiciones ambientales, etc.). Dentro de una misma persona puede variar en los distintos sistemas orgánicos y funcionales.

En las *edades infantil y juvenil*, las fases conocidas como “sensibles” desempeñan un papel importante para la en-





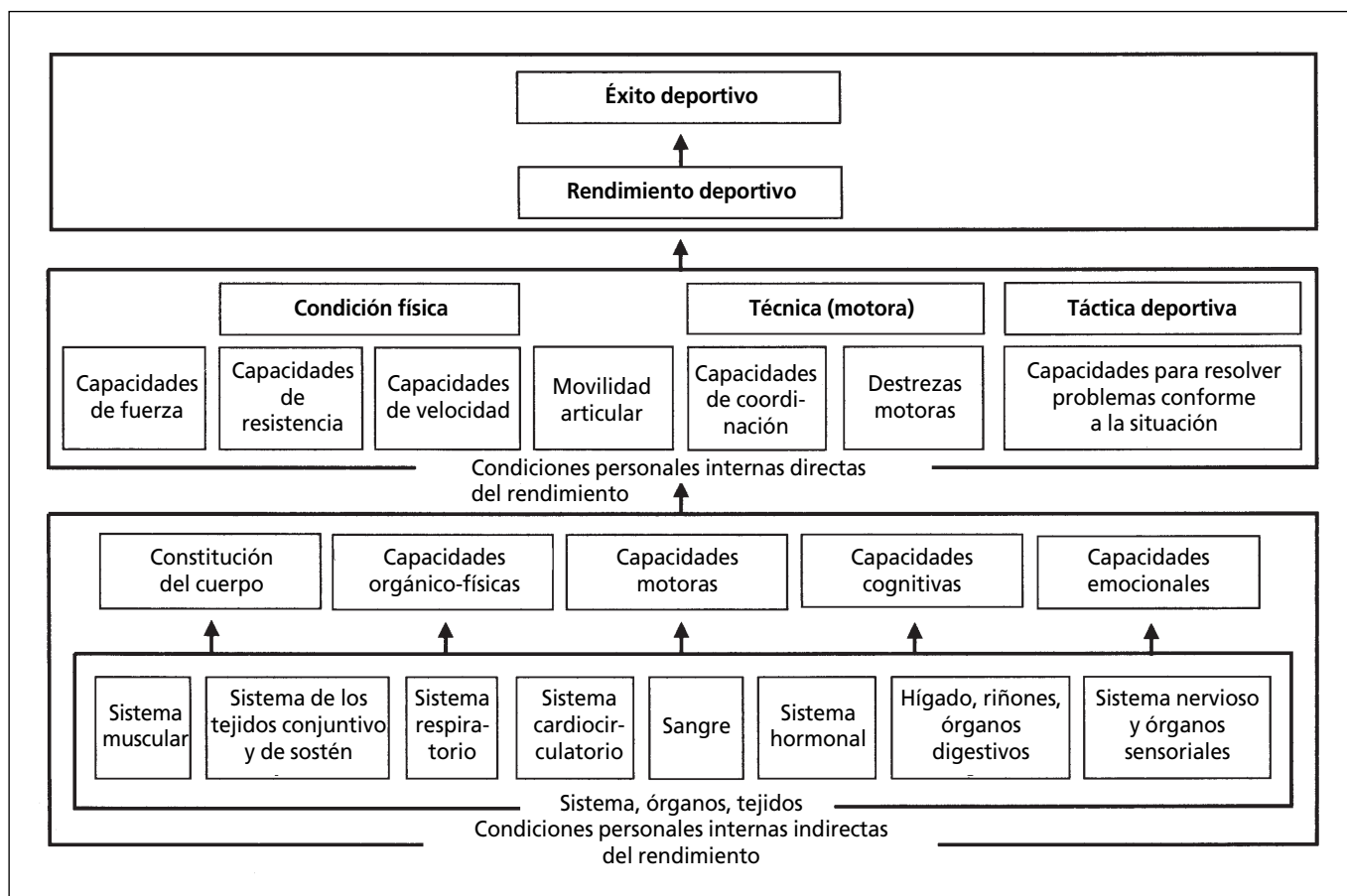


Figura 1. Esquema de las condiciones personales internas de los rendimientos y éxitos deportivos (de Carl, 1989, 218).

trenabilidad. Su existencia e importancia se valoran de diferente manera y en ocasiones se niegan (cf. Baur 1987, 9). Por “fases sensibles” entendemos los períodos del desarrollo especialmente favorables para el asentamiento de determinados factores de rendimiento deportivo-motor; esto es, las etapas en las que la entrenabilidad es especialmente elevada (cf. Hirtz, 1976, 381; Winter, 1980, 102; Israel/Buhl, 1980, 30; Diekmann/Letzelter, 1987, 285; Starosta/Hirtz, 1989, 11; Martin, 1991, 8; Hassan, 1991, 17).

El debate sobre la localización temporal exacta de estas fases no está ni mucho menos cerrado. Todos los datos a este respecto son, pues (cf. también las indicaciones que ofrecemos al respecto al tratar las principales formas de trabajo motor), valores extraídos del acervo *actual* de experiencias deportivas prácticas, y se podrían, dado el caso, exponer con mayor detalle en condiciones marco diferen-

tes (p. ej., trabajo más precoz y sistemático de capacidades o destrezas escogidas). No obstante, estos datos nos proporcionan una valiosa ayuda para optimizar el proceso del entrenamiento a largo plazo, dado que permiten responder a las preguntas acerca de “qué hacer” y “cuándo actuar”.

El descuido de estas fases sensitivas puede restringir factores de rendimiento que a su vez aportarían tasas de crecimiento muy elevadas si se les fomentara en momentos determinados: este podría ser el caso, por ejemplo, del desarrollo de las capacidades coordinativas en la edad infantil, cuyas carencias no se compensan después en modo alguno o sólo con un esfuerzo de entrenamiento desproporcionadamente elevado. Aquí el proverbio mantiene toda su validez: “lo que Juanito no aprendió no lo aprenderá Juan...”

2 Capacidad de rendimiento deportivo

Definición

La *capacidad de rendimiento deportivo* expresa el grado de asentamiento de un determinado rendimiento deportivo-motor y está marcada, dada su compleja estructura de condicionantes, por un amplio abanico de factores específicos. El adjetivo “deportivo” resulta necesario siempre que delimitemos la capacidad de rendimiento frente a otros ámbitos vitales (p. ej., frente a la capacidad de rendimiento profesional, intelectual, etc.).

la figura 1 ya han sido descritos con detalle, en referencia a las condiciones personales internas directas e indirectas).

La capacidad de rendimiento deportivo, debido a su composición multifactorial, sólo se puede entrenar desde una perspectiva de fenómeno complejo. Sólo el desarrollo armónico de todos los factores que determinan el rendimiento permite conseguir el rendimiento máximo individual.

Factores de la capacidad de rendimiento deportivo

La figura 2 muestra de nuevo los rasgos característicos de la capacidad de rendimiento deportivo, de forma simplificada y relevante para la práctica del entrenamiento (en

Desarrollo de la capacidad de rendimiento deportivo

El planteamiento de objetivos, contenidos, medios y métodos de entrenamiento perfecciona de forma selectiva

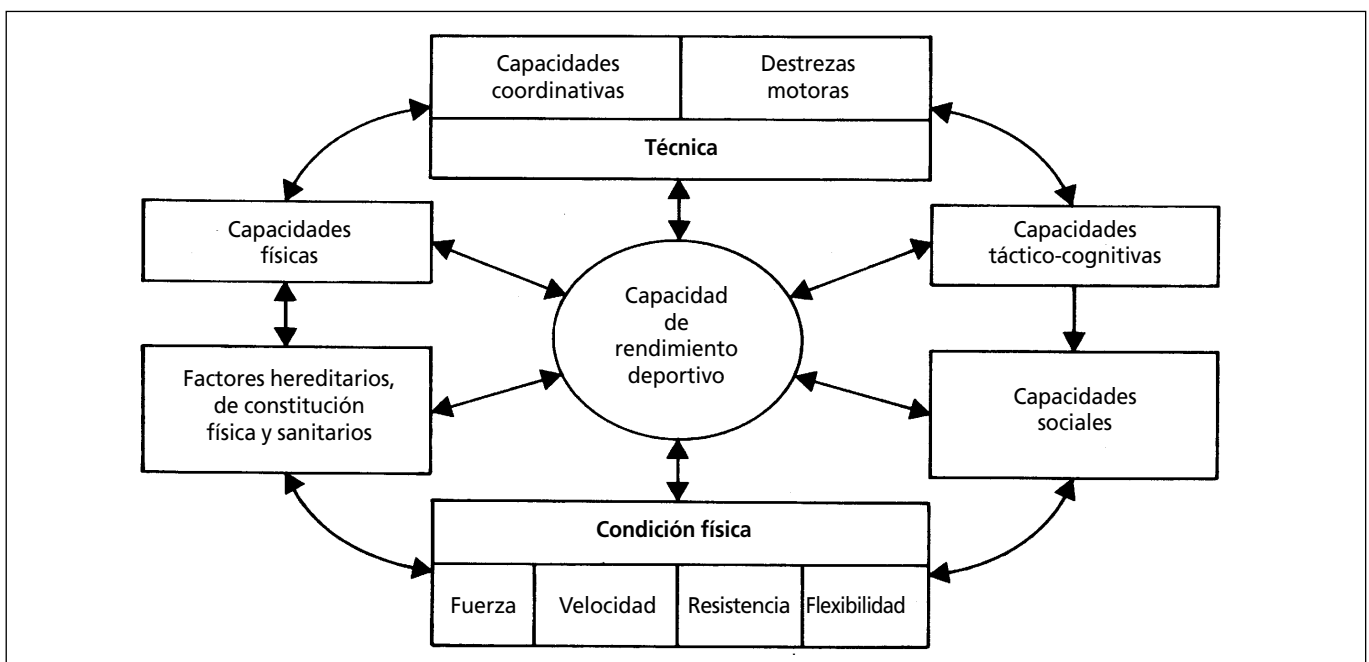


Figura 2. Modelo simplificado de los componentes de la capacidad de rendimiento deportivo.

la capacidad de rendimiento deportivo en el proceso de entrenamiento a largo plazo (cf. Grössing, 1975, 69 s.; Letzelter, 1978, 19 s.).

Objetivos del entrenamiento

Los objetivos del proceso sistemático de entrenamiento pueden ser las capacidades, destrezas, cualidades, actitudes, etc. Distinguimos entre:

- **Objetivos de aprendizaje psicomotor**

Incluyen, por una parte, los factores de condición física como la resistencia, fuerza, velocidad y sus categorías subordinadas, y por otra parte, las capacidades y destrezas coordinativas (técnicas), que constituyen el núcleo del proceso de aprendizaje motor.

- **Objetivos de aprendizaje cognitivo**

Incluyen sobre todo los conocimientos de tipo táctico y técnico, pero también los fundamentos generales para la optimización del entrenamiento.

- **Objetivos de aprendizaje afectivo**

Los objetivos de aprendizaje afectivo son la fuerza de voluntad, la superación y el dominio de uno mismo, la capacidad para imponerse, etc.; se encuentran en constante interacción con los factores de rendimiento físicos, o bien suponen una limitación para éstos.

Contenidos del entrenamiento

Los contenidos de entrenamiento (sinónimo: ejercicios de entrenamiento) son la estructuración concreta del entrenamiento enfocada hacia el objetivo planteado. Ejemplo: el objetivo “resistencia de la fuerza de los extensores del brazo” se consigue con el contenido de entrenamiento “planchas”.

Dado que, en el proceso de entrenamiento, el ejercicio constituye la forma de trabajo primordial para desarrollar la capacidad de rendimiento deportivo, las formas de ejercicio se sitúan en un primer plano a la hora de configurar los contenidos del entrenamiento deportivo. De su correcta elección depende el grado y la rapidez de la mejora en cuanto a la capacidad de rendimiento deportivo.

La elección de las diferentes formas de ejercicio tiene lugar de acuerdo con los principios de idoneidad, de economía y de eficacia (cf. Harre, 1976, 60; Martin, 1977, 43). Distinguimos entre:

- ejercicios para el desarrollo general
- ejercicios específicos
- ejercicios de competición

La finalidad de los *ejercicios para el desarrollo general* consiste en crear una base amplia para la posterior especia-

lización. Los objetivos son la mejora de los factores de rendimiento psicofísicos y de las capacidades y destrezas técnico-tácticas.

Los *ejercicios específicos* se basan en los ejercicios para el desarrollo general y sirven para completar de forma específica aspectos parciales de la capacidad de rendimiento deportivo.

Finalmente, los *ejercicios de competición* mejoran la totalidad de los componentes del rendimiento, de forma compleja y estrictamente relacionada con la modalidad deportiva.

Medios de entrenamiento

Los medios de entrenamiento incluyen todos los instrumentos y medidas útiles para desarrollar el programa de entrenamiento. Distinguimos entre medios de entrenamiento de tipo *organizativo* (p. ej., instalación de recorridos), *material* (p. ej., halteras de plato) e *informativo* (p. ej., *verbales*: descripción del movimiento; *visuales*: serie de imágenes para el aprendizaje; *cinestésicas*: posición de ayuda para sentir el movimiento). Los medios de entrenamiento se utilizan siempre en función de los contenidos, permitiendo la puesta en práctica de éstos.

Métodos de entrenamiento

Los métodos de entrenamiento suelen ser procedimientos sistemáticos, desarrollados en la práctica deportiva para alcanzar los objetivos planteados. Ejemplo: el objetivo de la “resistencia básica” se persigue sobre todo con el *método continuo*.

Un ejemplo final, a modo de resumen, extraído de la práctica del entrenamiento, ilustra la estrecha imbricación o autonomía de estas cuatro nociones para la organización del entrenamiento: el *objetivo* “fuerza máxima de los extensores de la rodilla” se plantea a través del *contenido* “flexión de rodilla”, con ayuda del *medio* “halteras con discos” y utilizando el *método de repeticiones*.

Atención. En la práctica del entrenamiento, los métodos básicos del trabajo de resistencia se aplican a todas las capacidades físicas, como por ejemplo la fuerza, la velocidad, la movilidad y sus categorías subordinadas. No obstante, como mostraremos una y otra vez en los correspondientes capítulos, esta transferencia resulta en muchos casos extremadamente problemática, si no inviable (cf. también Steinhöfer, 1993, 44).

Capacidad de rendimiento deportivo y componentes de la carga

Para mejorar la capacidad de rendimiento deportivo se necesitan los correspondientes estímulos de carga. Éstos actúan en el siguiente orden causal:

Carga – alteración de la homeostasis (v. pág. 73) – adaptación – mejora del estado funcional.

No obstante, para optimizar la carga de cada sesión de entrenamiento o del total de sesiones, necesitamos conocer al detalle los componentes individuales de dicha carga y su interacción compleja en el desarrollo de la capacidad de rendimiento deportivo. En la interacción compleja con los objetivos, contenidos, medios y métodos de entrenamiento ya mencionados, la estructura global de los componentes de la carga (Letzelter habla en este sentido de *normativa de carga*) caracteriza la carga global realizada en el entrenamiento deportivo desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo, determinando así la especificidad de cada entrenamiento (v. fig. 3).

Tal como indica la figura 3, distinguimos entre:

- *Intensidad del estímulo.*
- *Densidad del estímulo* (relación temporal entre las fases de carga y de recuperación).
- *Duración del estímulo* (duración de un único estímulo o de una serie de estímulos).
- *Volumen del estímulo* (duración y número de estímulos por sesión de entrenamiento).
- *Frecuencia de entrenamiento* (número de sesiones de entrenamiento por día o por semana).

Para que el estímulo de entrenamiento aplicado tenga el efecto deseado, interesa no sólo el aspecto *cuantitativo* del trabajo de entrenamiento (duración y volumen del estímulo, frecuencia de entrenamiento) sino también el *cualitativo* (intensidad y densidad del estímulo).

La *intensidad del estímulo* –que en la práctica del entrenamiento se suele indicar como porcentaje de la capacidad máxima de rendimiento del individuo– tiene una importancia grande, si no decisiva, para el efecto del entrenamiento en las principales formas de trabajo motor: resistencia, fuerza, velocidad y movilidad. Si en el entrenamiento de resistencia queda por debajo, por ejemplo, del 30 %, no se consigue efecto de entrenamiento en relación con el consumo máximo de oxígeno, variable que se toma como criterio bruto de la capacidad de rendimiento en resistencia (v. pág. 188).

La *densidad del estímulo* –planteada aquí en el trabajo de la velocidad– es de gran importancia a la hora de plantear los movimientos cíclicos y acíclicos de velocidad máxima.

Si los diferentes estímulos de entrenamiento se suceden con demasiada rapidez (densidad del estímulo excesiva), si se recorren distancias excesivas (duración del estímulo excesiva) o si se establece una cifra demasiado elevada de repeticiones por sesión de entrenamiento (volumen del estímulo excesivo), la repercusión incidirá sobre la intensidad del estímulo: el efecto específico de un entrenamiento de este tipo afectará, pues, menos a la velocidad máxima y más a la mejora de la resistencia de la velocidad.

Desde la perspectiva actual, con la creciente necesidad de especialización del entrenamiento, la cuestión de elegir

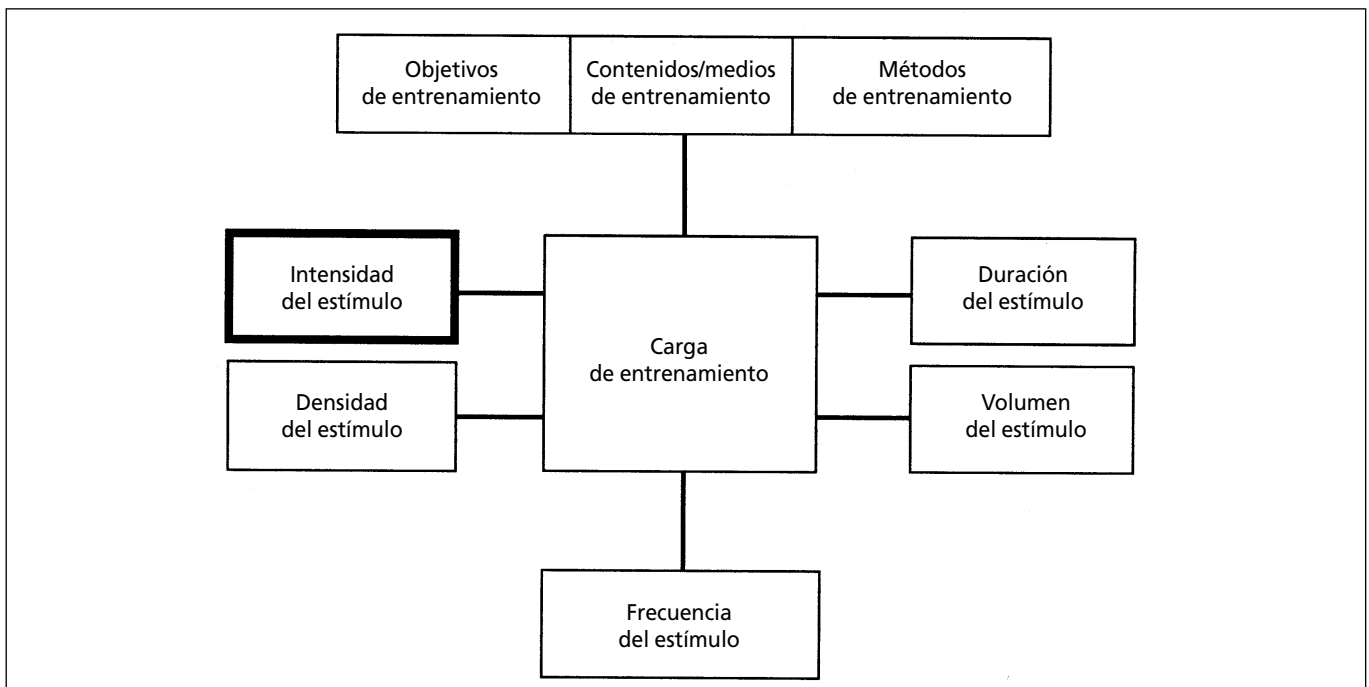


Figura 3. Componentes de la carga de entrenamiento.

una *intensidad* correcta del estímulo reviste una importancia máxima: la intensidad determina de una forma decisiva las fibras musculares que se activan (v. pág. 229) y el influjo sobre los procesos de regulación neuromuscular (v. pág. 76; cf. Tschiene, 1993, 6).

La importancia de la *duración del estímulo* quedará clara con el siguiente ejemplo: si en el entrenamiento de la fuerza actúa sobre el músculo un estímulo mediano durante un tiempo prolongado, como ocurre por ejemplo en el método de musculación (v. pág. 274), se produce un aumento de la sección transversal del músculo. Sin embargo, si el estímulo de entrenamiento tiene una duración muy reducida, como ocurre por ejemplo en el método pliométrico (v. pág. 257), se produce, pese a la intensidad máxima de la carga, únicamente un aumento de la fuerza rápida y no un aumento de la masa muscular (en ocasiones no deseado).

El *volumen del estímulo* es la suma de los estímulos generados en una sesión de entrenamiento. Entre los levantadores de pesas, por ejemplo, un determinado número de arranques/series con un número de repeticiones establecido daría como resultado una carga global (en kilogramos) que se podría describir con exactitud. El volumen del estímulo es importante, sobre todo, al principio del proceso de entrenamiento o en la edad infantil y juvenil, pues controlándolo se permite al organismo consolidar sin riesgos sus estructuras de rendimiento.

Caso especial: en una carrera continua de 30 minutos como único contenido durante una sesión de entrenamiento, el *volumen del estímulo* se corresponde con la *duración del estímulo*.

Finalmente, para que el trabajo sea eficaz también es relevante el papel de la *frecuencia del entrenamiento*. Si la distancia entre los diferentes estímulos es excesiva (cf. pág. 32), se pierden las “huellas” de los estímulos aplicados sin la posibilidad de continuar hacia la mejora del rendimiento desde un nivel inicial elevado, inducido por el entrenamiento.

Como muestran los estudios de Meller/Mellerowicz (1968, 522; 1970, 4) en gemelos univitelinos, un entrenamiento más repetido, intenso y breve (diario o una vez cada dos días) es más eficaz que otro organizado en intervalos más largos, con la misma carga global pero con un volumen mayor de carga por sesión.

Para la calidad de un entrenamiento –para conseguir un efecto de entrenamiento específico– el acierto al elegir los componentes de la carga es de una importancia fundamental.

Al explicar la noción de “método de entrenamiento” constatábamos que la aplicación de los diferentes componentes de la carga en las diversas formas principales de trabajo motor planteaba problemas importantes en relación con su cuantificación. Como se puede ver en la tabla 1, la cuantificación de los componentes de carga se lleva a cabo de forma diferente en la práctica del entrenamiento y en el diagnóstico del rendimiento (cf. Steinhöfer, 1993, 44/45).

	Carga de fuerza	Carga de velocidad	Carga de resistencia
Volumen de la carga	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Carga (kg) en una sesión de entrenamiento con una determinada forma de ejercicio <input type="checkbox"/> Frecuencias (f) (repeticiones) de determinadas formas de ejercicio (saltos, lanzamientos, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Distancias de carrera (m), sus repeticiones y series, en una sesión de entrenamiento con una determinada forma de ejercicio <input type="checkbox"/> Frecuencias (f) (repeticiones) de determinadas formas de ejercicio 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Distancias de los tramos (m, km), sus repeticiones y series, en una sesión de entrenamiento con una determinada forma de ejercicio <input type="checkbox"/> Duración del entrenamiento (horas por semana, sesiones de entrenamiento por semana)
La intensidad de la carga se determina mediante	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Magnitud del impulso (N/s) de una forma de ejercicio <input type="checkbox"/> La carga (kg) <input type="checkbox"/> Porcentaje (%) de la fuerza máxima concéntrica <input type="checkbox"/> Porcentaje (%) de la fuerza máxima isométrica 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Porcentaje (%) respecto de los valores de velocidad máximos en una determinada forma de ejercicio <input type="checkbox"/> Velocidad de movimiento (m/s) <input type="checkbox"/> Calidad del impulso de una determinada forma de ejercicio (máxima, submáxima, media) 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> La velocidad del movimiento (m/s; km/min; km/h) <input type="checkbox"/> La frecuencia cardíaca (lat/min) que se mantiene en un tramo <input type="checkbox"/> Porcentaje (%) de un determinado rendimiento en un tramo o de otro valor

Tabla 1. Componentes de la carga y su operatividad (cuantificación) (Steinhöfer, 1993, 45, modificado de Martin y cols., 1991, 93).

	Carga de fuerza	Carga de velocidad	Carga de resistencia
La intensidad de la carga se determina mediante	<input type="checkbox"/> Calidad del impulso de una forma de ejercicio (en saltos, lanzamientos, etc.; máxima, submáxima, media)	<input type="checkbox"/> Frecuencia del movimiento (f) dentro de un tiempo dado	<input type="checkbox"/> Rendimiento con una forma de ejercicio (vatio) <input type="checkbox"/> Tipo de suministro energético (máximo/lactato) <input type="checkbox"/> Porcentaje (%) del consumo máximo de oxígeno
La duración de la carga se determina con	<input type="checkbox"/> Duración (s; min) de una serie de ejercicios con o sin una frecuencia dada (p. ej. en entrenamiento en circuito)	<input type="checkbox"/> Tiempo (s) para recorrer un tramo <input type="checkbox"/> El tiempo (s) un número de repeticiones del movimiento	<input type="checkbox"/> Tiempo (s; min; h) para recorrer un tramo
La densidad de la carga se determina con	<input type="checkbox"/> Tiempo de pausa (s; min) entre repeticiones o series	<input type="checkbox"/> Tiempo de pausa entre tramos parciales, repeticiones, series <input type="checkbox"/> Relación determinada (p. ej. 1:2, 1:3) entre duración de la carga y tiempo de pausa	<input type="checkbox"/> Tiempo de pausa entre tramos parciales, repeticiones, series <input type="checkbox"/> Relación determinada (p. ej. 1:2, 1:3) entre duración de la carga y tiempo de pausa

Tabla 1. Componentes de la carga y su operatividad (cuantificación) (Steinhöfer, 1993, 45, modificado de Martin y cols. 1991, 93) (continuación).

Importante. La cuantificación de los componentes de carga para todas las formas principales de trabajo motor o para sus categorías subordinadas no puede ser unitaria, pues las categorías de la carga se establecen de manera completamente distinta dependiendo del método, del contenido o del medio de entrenamiento, o bien dependiendo de la forma principal de trabajo motor. No obstante, sería razonable el intento de unificación dentro de una categoría o de una capacidad física de trabajo motor.

3 Principios del entrenamiento deportivo

Por su gran importancia, describiremos a continuación con todo detalle los principios metodológicos de planificación, organización y configuración del entrenamiento deportivo.

Fundamentos generales referidos a los principios del entrenamiento deportivo

En el proceso del entrenamiento actúa un gran abanico de regularidades de todo tipo, como por ejemplo biológicas, pedagógicas o psicológicas. El conocimiento detallado de estas regularidades es fundamental para que la configuración del entrenamiento sea eficaz. Los principios del entrenamiento deportivo sirven para optimizar la capacidad de acción de deportistas y entrenadores. No obstante, y dadas sus múltiples interrelaciones, no conviene estudiarlos de forma aislada sino en su complejidad, y su aprendizaje y aplicación deben tener lugar dentro de un contexto global.

Los principios se refieren a todos los ámbitos y tareas del entrenamiento; determinan el contenido, los métodos y la organización. Son sugerencias vinculantes para la acción del deportista y del entrenador, y tienen que ver con la aplicación compleja y consciente de las regularidades en el proceso de entrenamiento (cf. Harre, 1979, 92).

En la literatura especializada de la metodología del entrenamiento se mencionan, dependiendo del autor (cf. Harre, 1979, 92; Letzelter, 1978, 41; Martin, 1979, 45; Grosser y cols., 1986, 34; Starischka, 1988, 47 ss.; Schnabel/Müller, 1988, 98; Müller, 1988, 103; Krüger, 1988, 109; Sass, 1988, 115; Weineck, 1990, 20, etc.), diferentes principios del entrenamiento deportivo y se articulan en diferentes propuestas de sistematización. Aún habremos de esperar para tener una clarificación definitiva desde la ciencia del entrenamiento, pues el examen y la validación empírica de los diferentes principios sólo se han producido hasta la fecha de forma parcial (cf. Schnabel/Müller, 1988, 98).

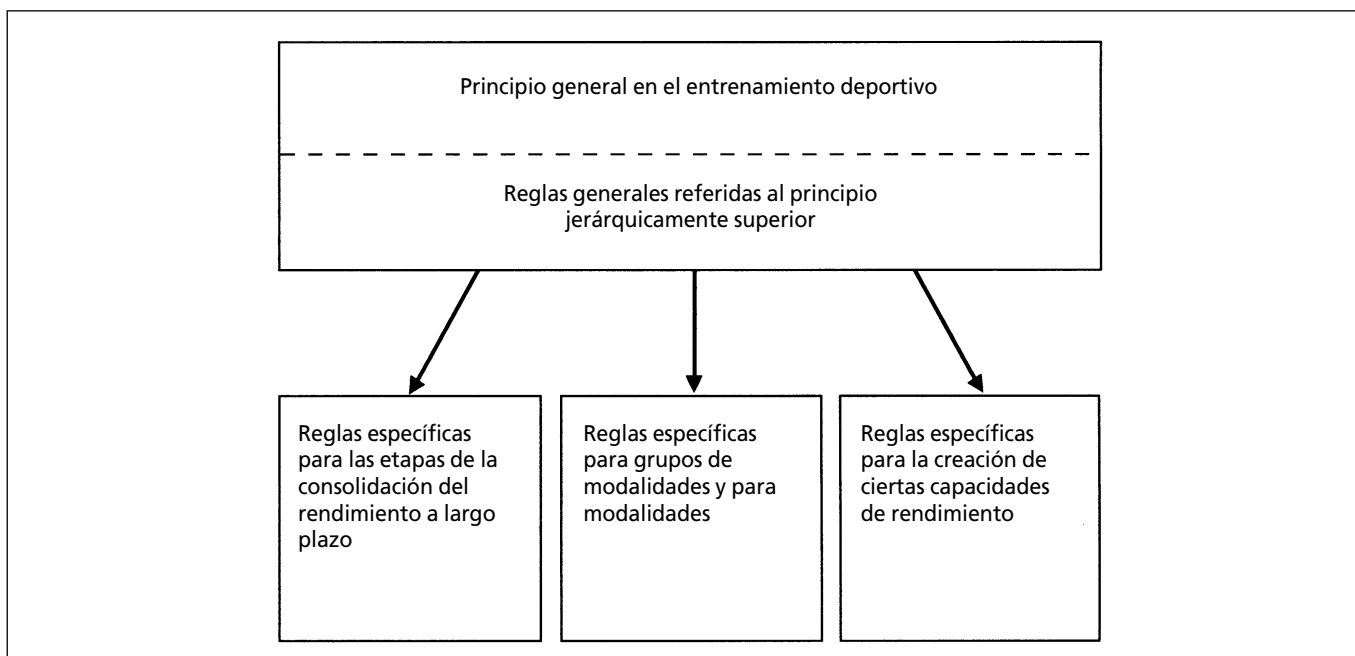


Figura 4. Representación esquemática simplificada de la relación principio – regla en el sistema referencial del entrenamiento deportivo (de Schnabel/Müller, 1988, 99).

Hasta la fecha se distingue entre principios generales y específicos. Por su parte, Schnabel/Müller (1988, 98) pretenden distinguir los “principios *en el* entrenamiento deportivo” frente a los “principios *del* entrenamiento deportivo”.

El ámbito de validez de los principios *generales* del entrenamiento deportivo incluye, según Schnabel/Müller (1988, 97), la mayoría de las modalidades, todos los ámbitos del entrenamiento y las etapas de la consolidación del rendimiento a largo plazo.

Los principios *específicos* se refieren a aspectos aislados del entrenamiento, como por ejemplo el entrenamiento técnico-coordinativo, o bien a grupos humanos específicos, en casos como el deporte de rehabilitación, de masas o escolar (cf. también Krüger, 1988, 109; Sass, 1988, 113).

Hablaremos de “principios *en el* entrenamiento deportivo” al tratar de aquellos que desbordan el ámbito objetivo del entrenamiento deportivo, aunque se interpreten de forma específica.

Hablaremos de “principios *del* entrenamiento deportivo” cuando se trate de principios que posean validez exclusivamente en el ámbito del entrenamiento deportivo (Schnabel/Müller, 1988, 98).

Como muestra la figura 4, los principios de entrenamiento se diferencian de las reglas de entrenamiento en que los primeros tienen un mayor grado de generalidad, y su concreción tiene lugar a través de las segundas.

“Las reglas sirven para la interpretación de un principio e ilustran la aplicación de éste en determinados ámbitos, contenidos y manifestaciones del proceso de entrenamiento deportivo” (Schnabel/Müller, 1988, 99).

La extensa nómina de principios aislados –que oscila de unos autores a otros en una medida considerable– se puede subdividir en cuatro grupos principales, concretamente:

- principios de la carga
- principios de la organización cíclica
- principios de especialización y
- principios de proporcionalización

(ver a este respecto: Grosser y cols., 1986, 34; Schnabel/Müller, 1988, 110; Müller, 1988, 103.)

La figura 5 nos ofrece una visión general de los principios de carga del entrenamiento deportivo.

1. Principios de la carga para producir efectos de adaptación

Principio del estímulo eficaz para el entrenamiento

El principio del estímulo eficaz para el entrenamiento expresa la necesidad de que el tiempo de carga supere un umbral determinado, lo cual permite el aumento del rendimiento. La cuantía necesaria del estímulo depende del estado de entrenamiento de cada deportista. Así, por ejemplo, en el entrenamiento de la fuerza de sujetos no entrenados, el estímulo tiene que superar una intensidad mínima de un 30 % de la fuerza máxima individual (isométrica) y de más del 70 % en el caso de sujetos muy entrenados (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 119).

Principio de la carga individualizada

Con el principio de la carga individualizada se busca que los estímulos de entrenamiento se correspondan con la capacidad de carga psicofísica, con la tolerancia individual y con las necesidades de cada deportista. Un estímulo de entrenamiento objetivamente igual puede suponer una exigencia escasa para un deportista y excesiva para otro (cf. fig. 52). Un método de entrenamiento resulta idóneo para uno, mientras que para otro supone una carga adicional.

Este principio toma en consideración asimismo la tipología muscular del deportista para el entrenamiento: las cargas de éste se adaptan y modifican en función de que la configuración muscular favorezca el esprint, el trabajo de resistencia o el de tipo mixto (cf. Tihany/Apor/Fekete, 1983, 49; Binz, 1984, 33/34; Szögy y cols., 1985, 18; Norpoth, 1988, 11; Weinek, 1992, 31/32; Charitonova, 1993, 7).

Principio de la carga creciente

El principio de la carga creciente (progresiva) se deduce de la relación proporcional entre la carga, la adaptación y el aumento del rendimiento (v. pág. 73). Según este principio, las exigencias planteadas al deportista tienen que aumentar de forma sistemática dependiendo de la preparación física, coordinativa, técnica, táctica, intelectual y de la fuerza de voluntad (cf. Thiess/Schnabel/Baumann, 1980, 34). Si las cargas de entrenamiento se mantienen constan-

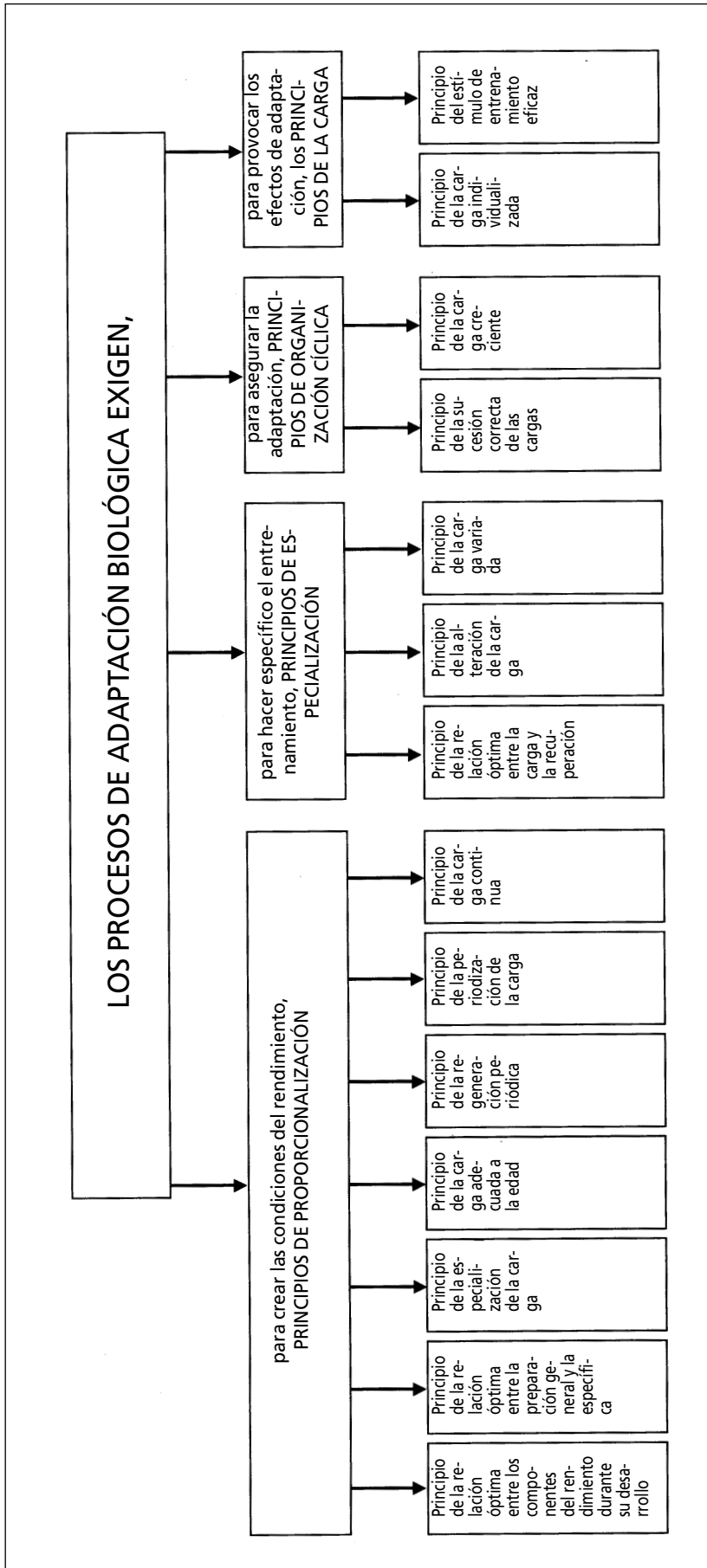


Figura 5. Principios generales de la carga del entrenamiento deportivo (modificado de Grosser y cols., 1986, 34).

tes durante un período de tiempo prolongado, terminan perdiendo su eficacia para aumentar el rendimiento (se inclumple el principio del estímulo eficaz para el entrenamiento). Por tanto, las cargas constantes contribuyen sólo a mantener la capacidad de rendimiento, no a mejorarla. El aumento de la carga tiene que darse en los momentos correspondientes, teniendo en cuenta la edad cronológica (la edad en relación con la fecha de nacimiento), la edad biológica (edad según el grado en que se manifiesten los rasgos biológicos específicos de la edad), la edad de entrenamiento (período desde el inicio de un entrenamiento regular) y el nivel de la capacidad de rendimiento deportivo (cf. colectivo de autores, 1982, 61).

Posibilidades de incremento de la carga

Aumento del volumen o la intensidad de la carga

Al mejorar la capacidad de rendimiento deportivo, las exigencias de carga tienen que plantearse con mayor amplitud e intensidad. El incremento del volumen suele preceder al de la intensidad (sobre todo en el ámbito juvenil).

Aumento de las exigencias planteadas a la coordinación motora

La capacidad de rendimiento coordinativo, general o específica, sólo se mejora añadiendo constantemente elementos de ejercicio difíciles, combinaciones de ejercicios más complicadas y mejorando la concentración en la preparación técnica y táctica de la modalidad.

Aumento del número o del nivel de exigencia de las competiciones

Las competiciones son la forma más específica de la carga, y sirven para agotar los potenciales funcionales (ámbito de la condición física) y para poner en práctica las destrezas y técnicas motoras adquiridas en el entrenamiento (ámbito de la coordinación). Un incremento adecuado de la competición mejora el estado de entrenamiento debido al desgaste total y complejo de las reservas de rendimiento psicofísicas (v. pág. 64).

Tipos de incremento de la carga

La manera correcta de incrementar la carga, en función de la edad de entrenamiento, el nivel de rendimiento, el tipo de desarrollo del rendimiento, etc., es un factor decisivo para la organización eficaz del entrenamiento. Distinguimos entre incremento de la carga progresivo, discontinuo y variado.

Incremento de la carga progresivo

El incremento progresivo de la carga se aplica sobre todo en el ámbito juvenil. Los procesos de crecimiento implican la posibilidad de daños específicos si se produce un incremento forzado de la carga (v. pág. 339); por tanto, los estímulos de carga en las edades infantil y juvenil deberían aumentar de forma estrictamente progresiva y acorde con la edad. No obstante, también en el deporte de elite interesa un incremento de la carga progresivo, mientras las reservas de rendimiento se puedan agotar de esta manera. Como sucesión metodológica se recomienda empezar por un aumento de la frecuencia de entrenamiento (desde una o dos sesiones semanales hasta el entrenamiento diario) y seguir con un aumento del volumen y finalmente de la intensidad del entrenamiento (cf. Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 123).

Incremento discontinuo de la carga

Si en el transcurso de un proceso de entrenamiento a largo plazo con incremento continuo de la carga se llega a una evolución insatisfactoria del rendimiento o incluso a la aparición de fenómenos de estagnación (v. pág. 531), recomendamos aplicar un incremento discontinuo de la carga. Dicho incremento necesita una buena base de rendimiento ya existente. El incremento discontinuo de la carga –ya sea por un aumento súbito del volumen o de la intensidad del entrenamiento– produce, incluso en deportistas entrenados, una nueva alteración de la homeostasis (v. pág. 73) que modifica el equilibrio psicofísico del deportista y obliga al organismo a poner en marcha procesos de adaptación.

Importante: después de estos “saltos de la carga”, el organismo necesita siempre un tiempo determinado para adaptarse al nuevo nivel de carga y estabilizarlo. Los síntomas asociados a este incremento de la carga pueden ser: inestabilidad del rendimiento, mayor predisposición a lesionarse y desajustes del equilibrio psíquico. La distancia temporal entre los sucesivos saltos de la carga tiene que establecerse de forma individual (cf. Colectivo de Autores, 1982, 62; Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 124).

Principio de la sucesión correcta de las cargas

El principio de la sucesión correcta de las cargas interesa sobre todo en las sesiones de entrenamiento donde se trabajan varios componentes del rendimiento:

- Al principio de una sesión de entrenamiento se plantean ejercicios cuya eficacia exige un estado de reposo psicofísico y a continuación unas pausas de recuperación completa, como, por ejemplo, ejercicios de coordinación, ve-

locidad, fuerza rápida o fuerza máxima. Aquí los ejercicios de coordinación y de velocidad se deben anteponer a los de fuerza.

- Vienen después ejercicios cuya eficacia se basa en una configuración incompleta de las pausas, como, por ejemplo, los de resistencia de la velocidad y de la fuerza.
- Para terminar se plantean ejercicios que sirven para trabajar la resistencia.

Principio de la carga variada

En un cierto nivel de rendimiento, el incremento variado de la carga es un requisito imprescindible para la posterior mejora del rendimiento. Como ocurría en el caso del incremento discontinuo de la carga, se intenta aquí provocar, mediante modalidades de carga desacostumbradas, nuevas alteraciones de la homeostasis, con los consiguientes procesos de adaptación en el organismo del deportista. La carga variada (que se puede configurar mediante cambio de la velocidad en la realización motora, mediante cargas suplementarias específicas, cambio de la distribución de la carga y las pausas, cambio de los métodos de entrenamiento, etc.) debería aplicarse sobre todo cuando el incremento continuo de la carga no produce ya mejoras de rendimiento, o cuando queremos mantener o garantizar la forma deportiva en un nivel alto, bien durante un período de tiempo prolongado bien con varios puntos máximos a lo largo de la temporada.

Principio de la alteración de la carga

El principio de la alteración de la carga interesa sobre todo en modalidades complejas, en las cuales cuentan varios factores físicos del rendimiento (p. ej., en decatón). Para desarrollar de forma óptima y con la máxima economía las diferentes capacidades motoras relevantes para el rendimiento, necesitamos conocer en profundidad el *heterocronismo* de la recuperación después de la carga (v. Volkov, 1976, 462; Martin, 1977, 60; Keul, 1978, 236). Con este concepto damos a entender que las diferentes formas de carga (entrenamiento de fuerza, resistencia, coordinación, etc.) someten al organismo a desgastes de diferente tipo, y que la cuantía o la duración de la regeneración varían en función del tipo de carga. Así, por ejemplo, un entrenamiento de resistencia voluminoso desgasta principalmente las reservas energéticas del músculo; después de un estímulo de entrenamiento de este tipo se necesita un tiempo determinado para la repleción de estos depósitos, esto es, para recuperar la capacidad de rendimiento inicial. No obstante, si entre tanto se elige una forma de carga que

haga trabajar otra estructura funcional, como, por ejemplo, un entrenamiento de fuerza (que activa sobre todo el metabolismo proteico para el aumento de masa muscular), el organismo tendrá más capacidad de carga que si se repitiera un estímulo de entrenamiento del mismo tipo. Así pues, el cambio correcto o la sucesión correcta entre cargas de diferente objetivo permiten obtener un mayor volumen y una mayor intensidad en el entrenamiento.

Principio de la relación óptima entre carga y recuperación

El proceso de desarrollo de los fenómenos de adaptación originados por el entrenamiento discurre en fases. Distinguimos la fase de carga y la fase de recuperación, incluida la supercompensación.

Como se puede ver en la figura 6, después de una carga se produce una merma transitoria de la capacidad de rendimiento deportivo (caída del potencial energético), seguida de un nuevo ascenso (en la fase de recuperación) por encima del nivel de partida. Esta situación de mayor capacidad de rendimiento energético se conoce como *supercompensación*.

Supercompensación significa “regeneración con exceso”.

Importante: el concepto de “supercompensación” se utiliza actualmente de muchas maneras, en contextos que no se corresponden con su sentido originario: aumento, condicionado por el entrenamiento, del potencial energético en forma de recarga –debido al incremento de la glucosa intracelular (glucógeno)– de las reservas energéticas musculares y hepáticas (v. pág. 83). En la práctica deportiva se ha generalizado el uso de este concepto asociado a las mejoras neuromusculares, por ejemplo, al hablar de la optimización de los procesos de regulación nerviosa en el entrenamiento de velocidad o al hablar de la adquisición de capacidad de estiramiento en el entrenamiento de movilidad. Desde el punto de vista de la fisiología muscular este uso resulta incorrecto y provoca confusión, razón por la cual lo evitaremos de aquí en adelante.

El concepto “supercompensación” sólo se debería utilizar para describir los cambios, condicionados por el entrenamiento, que afectan al metabolismo energético; se trata, sobre todo, del nivel de fosfatos ricos en energía (en particular del creatinfosfato, v. pág. 81) y de las reservas de glucosa.

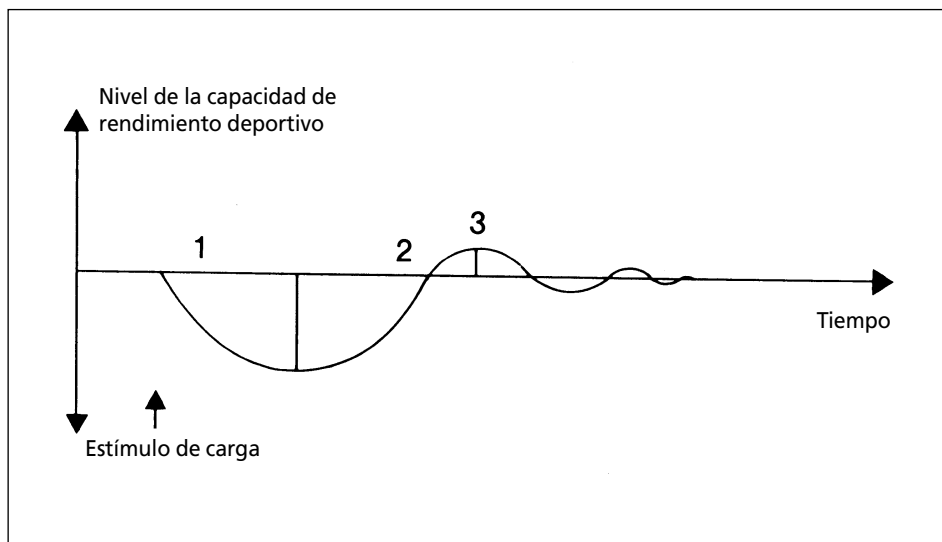


Figura 6. Fases de la modificación de la capacidad de rendimiento después de un estímulo de carga:

1 = Fase de caída de la capacidad de rendimiento después de un estímulo de carga.

2 = Fase de nuevo ascenso de la capacidad de rendimiento deportivo.

3 = Fase de supercompensación, esto es, de mayor capacidad de rendimiento deportivo.

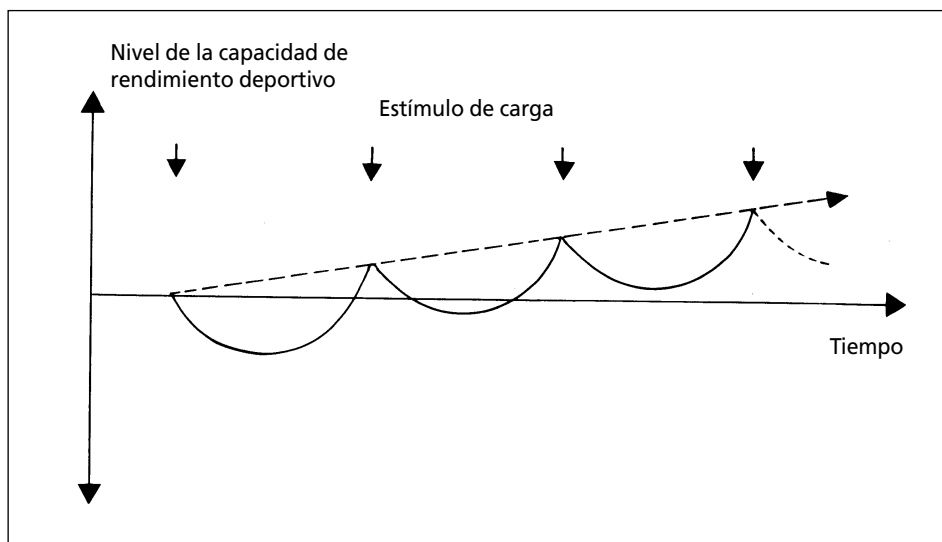


Figura 7. Mejora de la capacidad de rendimiento deportivo a través de estímulos de entrenamiento aplicados de forma óptima.

Si no se efectúan cargas de entrenamiento nuevas, se volverá progresivamente al nivel de partida.

Si se aplican nuevos estímulos de entrenamiento en la sucesión óptima, la capacidad de rendimiento deportivo aumenta de forma continua (v. fig. 7).

Si los estímulos de entrenamiento se aplican en la fase de la recuperación incompleta, se produce el efecto retardado sumativo (cf. Matveiev, 1972, 87). Este mecanismo de causas-efectos consiste en intervalos breves entre los distintos estímulos (repeticiones) de entrenamiento, por

ejemplo, un entrenamiento de intervalos en el ámbito de la resistencia (5 series de 10 repeticiones cada una), permitiendo en la pausa entre las series una recuperación sólo incompleta; ello origina un mayor agotamiento del potencial energético, seguido de una supercompensación más marcada. No obstante, con intervalos más largos, esto es, con este tipo de entrenamiento en serie forzado, en varias sesiones de entrenamiento sucesivas, puede provocarse un “sobreentrenamiento” (v. también pág. 588), esto es, una caída de la capacidad de rendimiento deportivo (figs. 8 y 9).

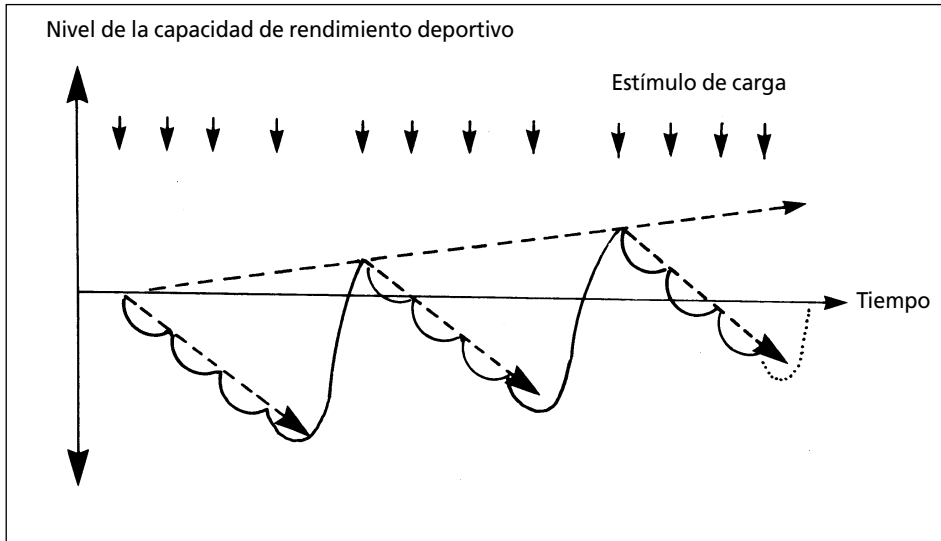


Figura 8. Efecto retardado sumativo.

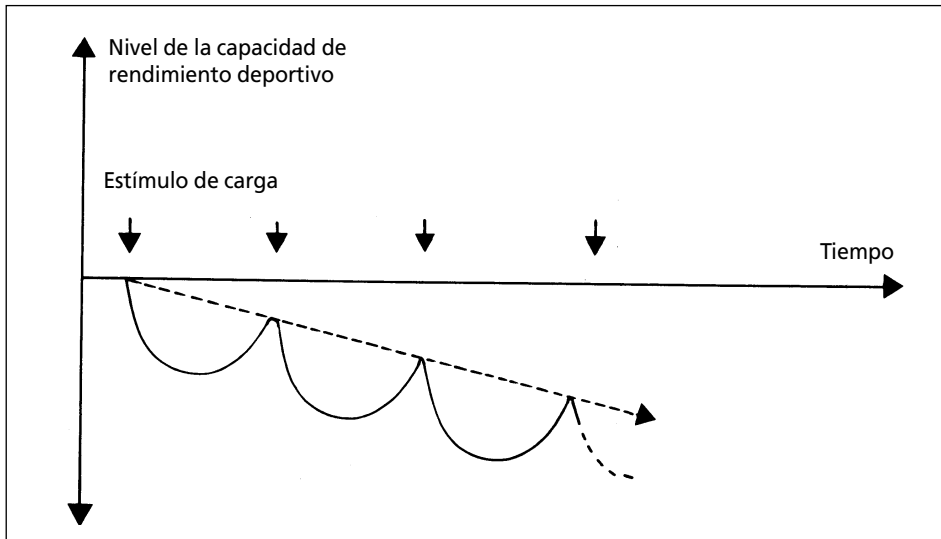


Figura 9. Pérdida de la capacidad de rendimiento deportivo debido a cargas en sucesión demasiado rápida.

Como resumen, podemos decir que la carga y la recuperación van siempre unidas a una posterior mejora de la capacidad de rendimiento. Los síntomas de fatiga repetidos, producidos por la carga, elevan el potencial de rendimiento en la fase de recuperación y son requisito necesario para el ascenso del rendimiento.

La carga y la recuperación tienen que planificarse como si formasen una unidad.

Los errores se pueden deber a la configuración inadecuada de la carga y también al descuido de los procesos de recuperación.

Las distintas necesidades de tiempo planteadas por los procesos de recuperación constituyen una magnitud esencial de limitación de la carga de entrenamiento (cf. Starischka, 1988, 52).

Como muestran claramente las figuras 10 y 11, los diferentes sistemas parciales, esto es, las diferentes estructuras biológicas, pueden necesitar tiempos de recuperación diferentes y experimentar secuencias de recuperación distintas.

El tiempo de recuperación se puede abreviar mediante medidas auxiliares del entrenamiento, como, por ejemplo, carrera de relajación, baño de descanso, masaje, gimnasia

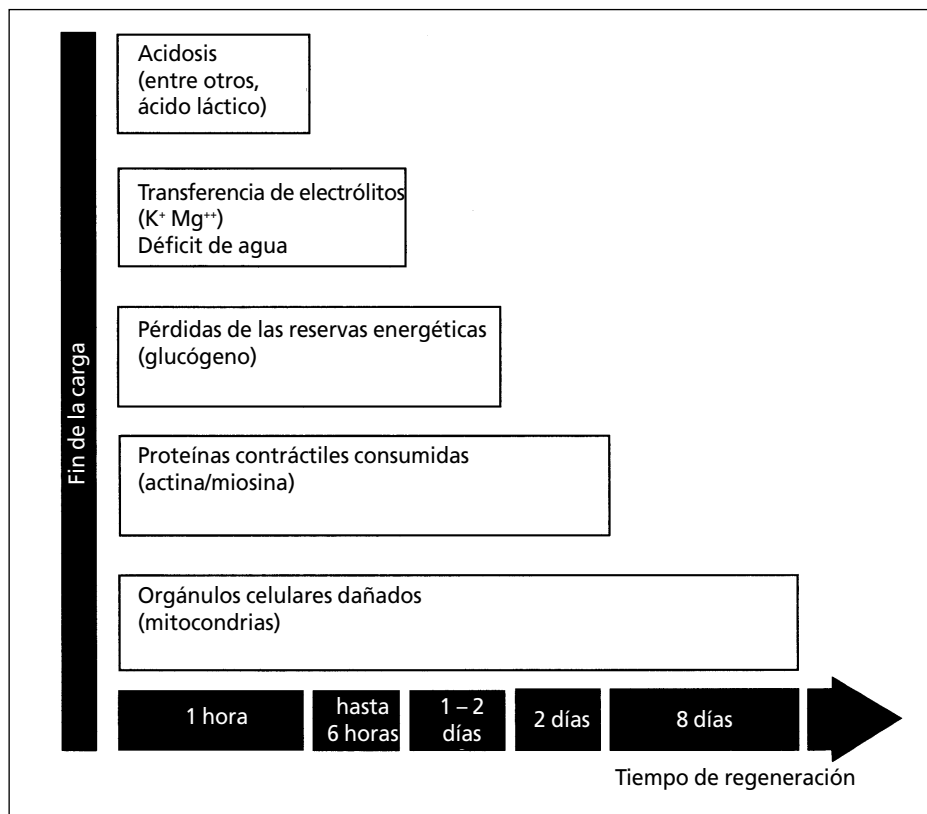


Figura 10. Los diferentes tiempos de regeneración de los sistemas biológicos.

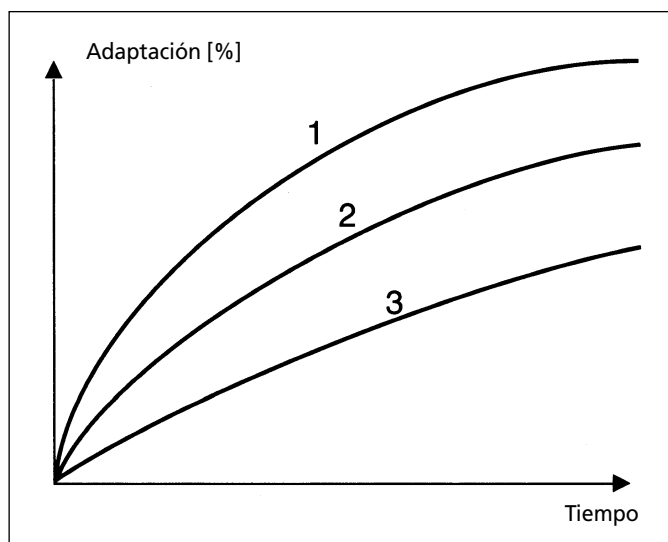


Figura 11. El grado de adaptación después de estímulos de entrenamiento eficaces y repetidos en sistemas funcionales con diferentes velocidades de adaptación:

- 1 = sistema de adaptación rápida (p. ej., músculos);
- 2 = sistema de adaptación moderadamente rápida (p. ej., consumo máximo de oxígeno);
- 3 = sistema de adaptación lenta (p. ej., alteraciones cutáneas y de cuerpos de protección).

de estiramiento y relajación y nutrición correctas (compensación del déficit en las reservas de agua y electrolitos y en las reservas celulares de hidratos de carbono, etc.).

2. Principios de la organización cíclica para garantizar la adaptación

Los principios de la organización cíclica incluyen el principio de la carga continua, el principio de la carga periódica y el principio de la regeneración periódica.

Principio de la carga continua

Las cargas continuas –en el sentido de una serie regular de entrenamientos– producen un incremento continuo de la capacidad de rendimiento deportivo, hasta alcanzar el límite del rendimiento individual, determinado genéticamente. No obstante, si se interrumpe la continuidad del entrenamiento (lesiones, entrenamiento irregular, intervalos de descanso excesivos entre las diferentes sesiones, etc.), se producirá una pérdida de la capacidad de rendimiento. La velocidad de la caída del rendimiento se corresponde con la del ascenso: las tasas de crecimiento adquiridas con rapidez retroceden rápidamente y las adquiridas más lentamente se pierden de forma lenta (v. pág. 237).

Principio de la periodización de la carga

La carga no se puede mantener durante todo el año en la zona límite de la capacidad individual, esto es, el depor-

tista no puede estar mucho tiempo en plena forma. Por este motivo la alternancia entre carga y descarga, entre aumento del volumen y descenso de la intensidad, etc., tiene que someterse a un ciclo periódico.

De esta forma se consigue la forma óptima en el momento idóneo (la competición importante), sin por ello abdicar del principio de la carga continua. La experiencia práctica nos aconseja dividir el proceso del entrenamiento en pretemporada, período de competición y período de transición. Una alternancia de este tipo permite evitar el “sobrentrenamiento” del deportista y alcanzar cotas máximas de rendimiento que serían imposibles con una carga elevada y continua.

Principio de la regeneración periódica

El principio de la regeneración periódica tiene una gran importancia, sobre todo en el ámbito de alto rendimiento.

Si los deportistas han alcanzado un nivel internacional después de 8-12 años de entrenamiento, dicho nivel tiene que estabilizarse con unas cargas de entrenamiento y de competición extremadamente duras. Después de 2-6 años en esta situación, aun efectuando cargas de entrenamiento elevadas, el nivel de rendimiento se estanca e incluso puede sufrir pérdidas (cf. Grosser y cols., 1986, 45).

Un procedimiento adoptado por muchos atletas de elite para superar la fase de estancamiento descrita consiste en introducir un período largo de regeneración, en forma de descanso de la competición de entre 6 y 12 meses.

Durante este descanso, con la ayuda de un entrenamiento mucho menos intenso y de las correspondientes medidas de regeneración, se consigue una “recarga” de las reservas psicofísicas. A partir de aquí los atletas vuelven a alcanzar rendimientos máximos absolutos, superiores incluso a los conseguidos anteriormente (cf. Grosser y cols., 1986, 46).

3. Principios de especialización para hacer específico el entrenamiento

En muchas modalidades resulta imposible conseguir rendimientos máximos individuales sin una especialización selectiva y planteada en el momento oportuno. Los principios de la carga selectiva y adecuada a la edad intentan reflejar estas exigencias de la práctica deportiva.

Principio de la adecuación a la edad

La edad biológica desempeña un papel decisivo para las capacidades de rendimiento y de carga del deportista

en las etapas infantil y juvenil. Muchos “talentos” y campeones en las edades infantil y juvenil superaron los promedios de rendimiento de sus compañeros de edad sólo por adelantarse a ellos algunos años en cuanto a la edad biológica. Como se puede ver con más detalle en la página 198, en el ámbito del alto rendimiento, sobre la base de una selección adecuada, podemos encontrar diferencias de edad biológica de hasta cinco y más años. Los niños y jóvenes acelerados presentan mayores capacidades de rendimiento y de carga frente a los estímulos de entrenamiento; el trabajo y la carga deberán, pues, plantearse en función de estas circunstancias.

Para agotar en el momento oportuno el potencial de rendimiento existente, las cargas de entrenamiento tienen que establecerse según la edad biológica y no según la edad cronológica del joven deportista.

El principio de la adecuación a la edad incluye además el aprovechamiento de las “fases sensibles” antes mencionadas (v. pág. 18). Los retrasos son casi imposibles de compensar, sobre todo en las modalidades exigentes en los planos técnico y coordinativo, como, por ejemplo, el patinaje artístico sobre hielo o la gimnasia de aparatos. Los esquiadores de nivel mundial han practicado sin excepción su deporte desde la edad infantil; los recién llegados con éxito proceden, en el mejor de los casos, de modalidades deportivas con un perfil similar de exigencias y de rendimiento.

Principio de la especialización de la carga

El principio de la especialización de la carga (Grosser y cols., [1986, 43] hablan también del principio de preeminencia y coordinación selectiva, y Müller [1988, 105], del principio de determinación del entrenamiento deportivo) subraya el hecho de que cada modalidad presenta un perfil característico de exigencias en los ámbitos coordinativo y de condición física.

Para prepararse a largo plazo con vistas a un rendimiento de elite en una modalidad determinada, todos los objetivos, métodos, contenidos, herramientas y estructuras del entrenamiento deportivo, en todas las etapas de la consolidación del rendimiento, se deberán orientar hacia las exigencias de la futura estructura de rendimiento en la modalidad o disciplina en cuestión. Para ello se deben tener en cuenta los aspectos fundamentales del objetivo en relación con el complejo de características, capacidades y destrezas que se deduce de la estructura de rendimiento previsible; asimismo, se deben aprovechar las especificidades ontogenéticas (cf. Müller, 1988, 105).

La estructura de rendimiento determina la estructura del entrenamiento, en interacción con otros factores (p. ej. las regularidades del desarrollo de la forma deportiva, regularidades propias de las diferentes edades, etc.) (cf. Müller, 1988, 105; Bartonietz, 1992, 13).

En el transcurso del proceso de entrenamiento a largo plazo, la configuración del trabajo necesita, pues, una concentración creciente de tiempo y fuerzas sobre el objeto de ejercicio deportivo elegido, esto es, sobre la modalidad en cuestión. Se trata de un proceso de estrechamiento creciente, que deberá concentrarse cada vez más sobre lo que se debe aprender, mejorar y optimizar (cf. Joch, 1992, 72).

Sin embargo, pese a todas las necesidades de especialización, no se debería descuidar la adquisición de otras capacidades que sirven de complemento y de apoyo para las capacidades y destrezas principales (cf. Grosser y cols., 1986, 43).

La especialización de la carga según el objetivo se refleja también en una elección cada vez más específica de los métodos y contenidos de entrenamiento utilizados. En un primer momento tienen prioridad los ejercicios generales preparatorios, que no coinciden con el ejercicio de competición ni por sus características estructurales motoras ni por el trabajo específico planteado. Al final predominan ejercicios específicos complejos, que se asemejan a los de competición en cuanto a estructura y efecto de la carga, y

plantean exigencias mayores o más detalladas (cf. Bauersfeld/Schröter, 1979, 41; cf. figs. 12 y 242).

La especialización progresiva según el objetivo en el proceso de entrenamiento a largo plazo se refleja en una coincidencia creciente de los ejercicios con las estructuras motora y de carga de la modalidad en cuestión.

4. Principios de proporcionalización

Este grupo de principios jerárquicamente superiores reviste una gran importancia para el proceso de entrenamiento a largo plazo y para la configuración del trabajo en el ciclo anual. Con ellos describimos, por una parte, la relación entre preparación general y específica, y por otra parte, la interrelación de los distintos componentes de un rendimiento deportivo complejo. Una estimación errónea en una u otra dirección supone un obstáculo para la consolidación óptima del rendimiento.

Principio de la relación óptima entre preparación general y específica

Los componentes de preparación general y de la específica cambian en función del estado de entrenamiento que

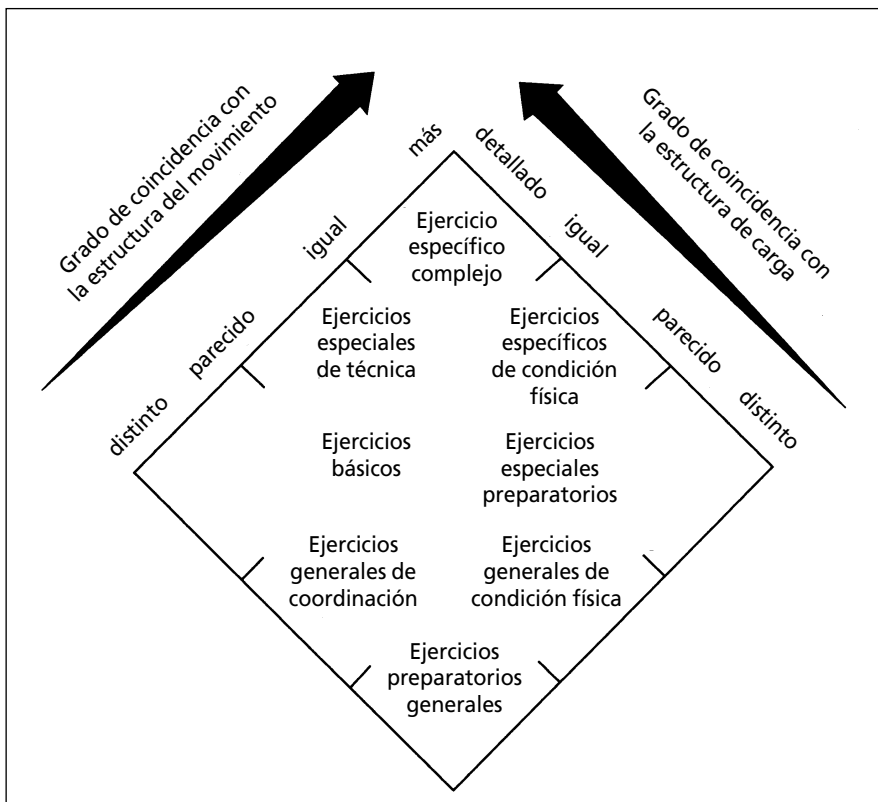


Figura 12. Representación esquemática de ejercicios en el proceso de entrenamiento a largo plazo (de Bauersfeld/Schröter, 1979, 41).

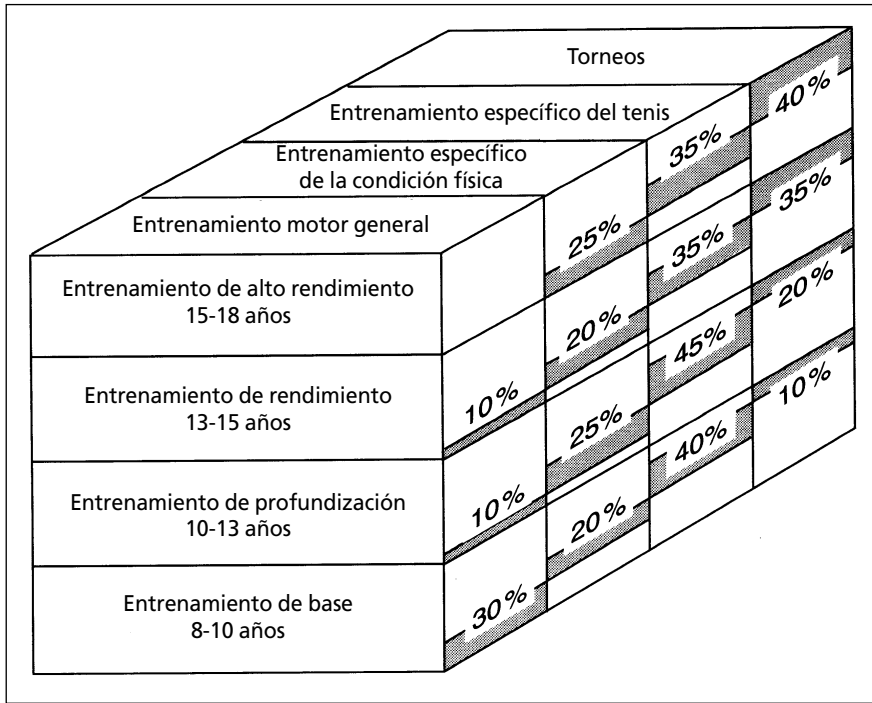


Figura 13. El “cubo del desarrollo en el tenis” (modificado de Schönborn, 1984, 216).

se vaya creando, en el sentido de una especialización creciente (cf. Starischka, 1988, 60). El deportista de elite absoluto mantiene aún en su repertorio ejercicios de preparación general; no obstante, predominan claramente los contenidos de la preparación específica.

La interacción entre lo general y lo específico es, según Hahn (1982, 64/65), un proceso dinámico en el cual no se puede buscar una relación porcentual estática determinada. La figura 13 intenta ilustrar, con el ejemplo del “cubo del desarrollo en el tenis”, el cambio de los contenidos en el proceso de entrenamiento a largo plazo.

En el entrenamiento de principiantes, los contenidos de la preparación general se ocupan de consolidar las capacidades elementales de condición física y de coordinación. Como criterio de validez general admitimos que:

Lo general tiene que anteceder siempre a lo específico.

Sin embargo, lo general se ha de escoger siempre con vistas a las exigencias específicas de la disciplina de competición. Los contenidos del entrenamiento general, por imprescindibles que sean, contribuyen a mejorar la capacidad de rendimiento específico y se deben elegir, por tanto, sin perder de vista el objetivo específico (cf. Joch, 1992, 72).

Principio de la relación óptima en el desarrollo de los componentes del rendimiento

Grosser y cols. (1986, 41) formulan este principio como “principio de la alteración reguladora”.

El contenido de este principio tiene que ver con la dependencia y mutua relación entre los entrenamientos físico, técnico, cognitivo-táctico (cf. también pág. 537) y otros factores. Para el proceso de organización del entrenamiento este principio plantea la exigencia más difícil y la menos estudiada científicamente.

La importancia de la correcta relación entre condición física y coordinación queda clara al observar que ciertos atletas “son incapaces de correr, debido a su gran fuerza (aumento de la fuerza sin el desarrollo correspondiente de la velocidad), en los que la fuerza esta sobreestructurada.

En muchas modalidades en las que se da un equilibrio entre capacidades físicas y coordinativas, como la gimnasia de aparatos o los grandes juegos deportivos, las primeras suelen estar sobrevaloradas y las segundas infravaloradas. La formulación de Grosser y cols. (1986, 43) resulta acertada en este contexto:

“Cuanto antes se dominen las secuencias coordinativas y técnicas, tanto más económico y específico de la modalidad será el posterior entrenamiento de los componentes físicos, que además suele efectuarse con el movimiento técnicamente correcto. Este planteamiento favorece en todo momento el desarrollo de la condición física y la técnica”.

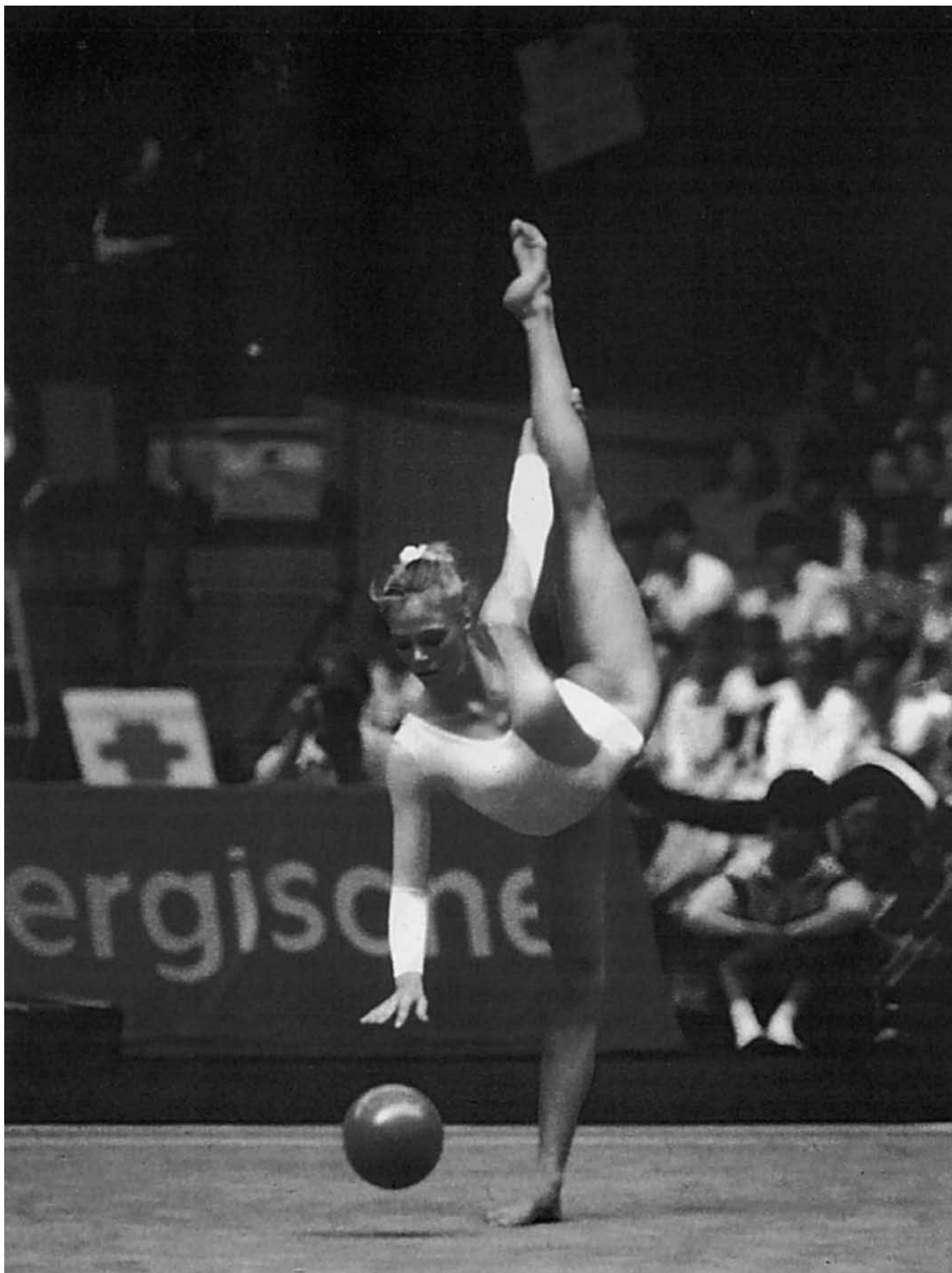
Pero no sólo hay que tener en cuenta la relación “condición física-coordinación”. En muchas modalidades deportivas el desarrollo de la capacidad de rendimiento deportivo es problemático si en ellas confluyen varias capacidades físicas, como ocurre, por ejemplo, en el decatlón o en los grandes juegos deportivos.

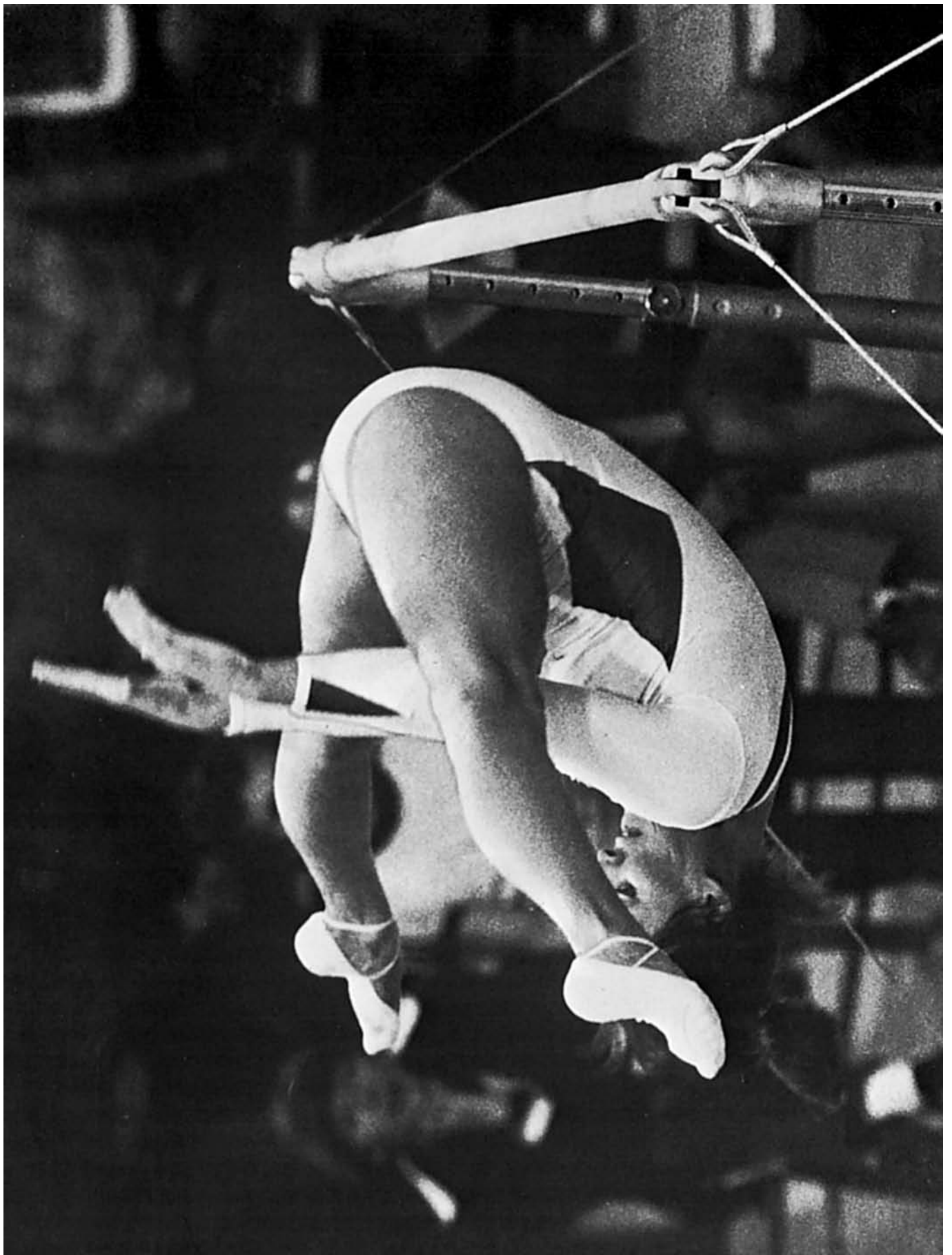
La fuerza y la resistencia, o la resistencia y la velocidad, son diametralmente opuestas en sus grados máximos de consolidación. Un nivel demasiado alto en resistencia supone siempre una pérdida en fuerza máxima/fuerza rápida y en velocidad, pues modifica la distribución de los tipos de fibras musculares del individuo (v. pág. 76). Las capacidades excluyentes sólo se desarrollan en relación mutua óptima si se adopta una fórmula de compromiso. Así pues, en la mayoría de las modalidades interesa el desarrollo de una resistencia básica suficiente, y no su consolidación extrema, pues ello redundaría en merma de los otros componentes de la capacidad de rendimiento deportivo complejo.

El principio de la relación óptima en el desarrollo de los componentes del rendimiento se puede formular de la

manera siguiente, siguiendo a Grosser y cols. (1986, 43):

- Todos los componentes que se intenta modificar (capacidades físicas, coordinativas, volitivas, psíquicas, tácticas, etc.) se condicionan unos a otros.
- Una modificación física (aumento o pérdida) influye de forma cuantitativa, y a veces también cualitativa, sobre las secuencias motoras y, por lo tanto, sobre la técnica propia de la modalidad. La técnica se debe adaptar en un tiempo determinado a las nuevas condiciones físicas.
- La anticipación del entrenamiento de condición física suele incidir negativamente sobre el posterior entrenamiento de la técnica. Por ello el trabajo de la técnica tiene que realizarse con anterioridad al trabajo físico o en paralelo a éste (v. también pág. 28).
- Todos los ejercicios propios de la modalidad (próximos a la técnica) tienen que adecuarse o aproximarse a la estructura básica cinemática y dinámica del ejercicio de competición, teniendo en cuenta las particularidades bioquímicas-funcionales, anatomo-morfológicas y fisiológicas.





4 Planificación, organización y evaluación del proceso de entrenamiento

Para optimizar el proceso de entrenamiento no basta con respetar los principios del entrenamiento; necesitamos además una planificación a largo plazo, una configuración detallada y una evaluación exhaustiva del entrenamiento.

Definición

Starischka (1988, 7) define de la siguiente forma la noción de planificación del entrenamiento y la orientación de los contenidos:

“La planificación del entrenamiento es un procedimiento destinado a conseguir un objetivo de entrenamiento, que tiene en cuenta el estado de rendimiento individual y se inscribe en un proceso de entrenamiento a largo plazo, previsor, sistemático y orientado en función de las experiencias prácticas del entrenamiento y de los avances en la ciencia del deporte.”

Las características más importantes de la planificación del entrenamiento son su *adaptación continua*, su organización *en fases temporales* y la periodización de la carga deportiva.

Tipos de planes de entrenamiento

Los planes de entrenamiento son una directriz de entrenamiento vinculante elaborada para organizar el entrenamiento de uno o varios deportistas, o bien de un equipo definido, durante un período de tiempo establecido.

Como muestra la figura 14, cabe distinguir varios tipos de planes de entrenamiento en función del grupo humano al que vayan destinados y del período de tiempo.

La elaboración de los diferentes planes de entrenamiento da como resultado una concepción del entrenamiento o bien un plan marco, de grupo, individual, plurianual, anual, de macrociclos o de sesiones de entrenamiento (cf. Thiess/Schnabel/Baumann, 1980, 237; Starischka 1988, 11).

Concepción del entrenamiento

La concepción del entrenamiento es una orientación básica para la dirección, planificación y configuración del entrenamiento, y sus contenidos son planteamientos claros y concretos de los objetivos y de las tareas, así como vías de solución que se han de adoptar para convertir en realidad los objetivos y las tareas.

Plan marco del entrenamiento

Por plan marco del entrenamiento entendemos las directrices de tipo general, basadas en la concepción del entrenamiento de una especialidad determinada y destinadas a configurar el proceso de entrenamiento para grupos de deportistas definidos (cf. Starischka, 1988, 12). Estas directrices incluyen las tareas esenciales de un año de entrenamiento y la preparación concreta del punto álgido o de los puntos álgidos del año (cf. Thiess/Schnabel/Baumann, 1980, 180).

Plan de entrenamiento en grupo

El plan de entrenamiento en grupo es una directriz de trabajo derivada del plan marco del entrenamiento y destinada a configurar el entrenamiento para grupos de deportistas con objetivos y nivel de partida más o menos similares. Se utiliza sobre todo en el deporte infantil y juvenil y en los juegos deportivos (cf. Thiess/Schnabel/Baumann, 1980, 99).

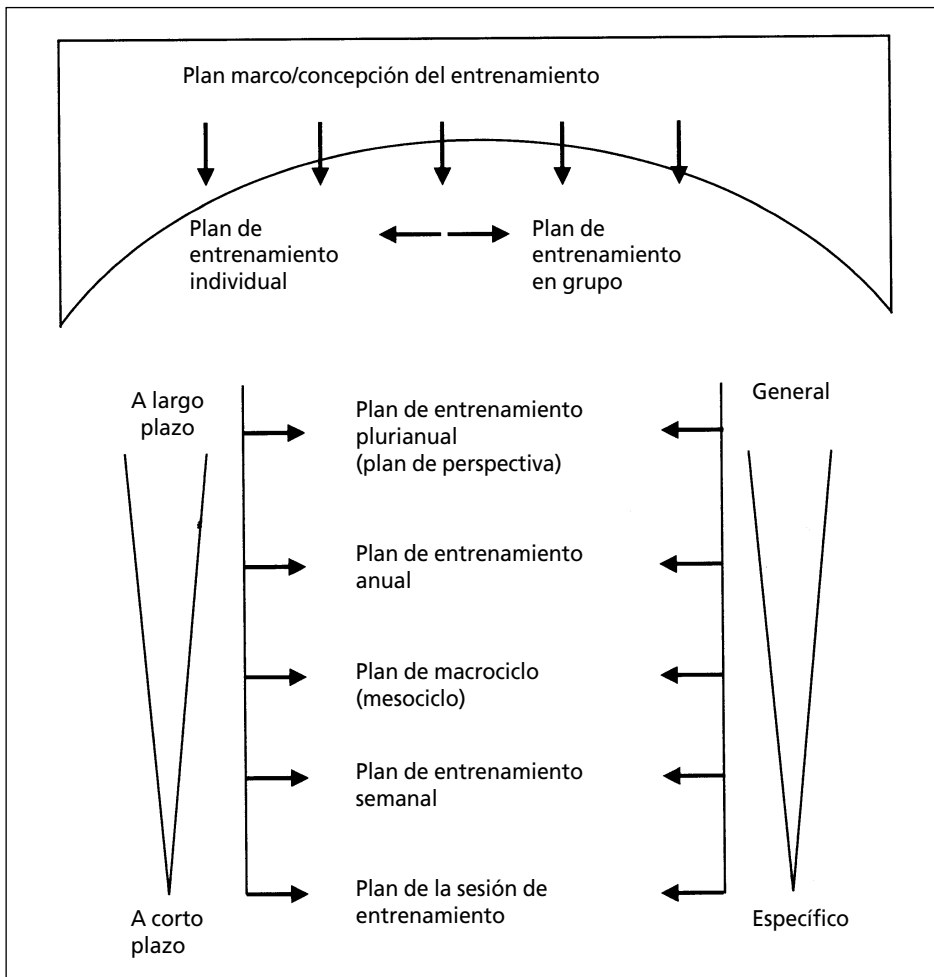


Figura 14. Tipos de planes de entrenamiento (según Starischka, 1988, 11).

El plan de entrenamiento en grupo incluye:

- indicaciones sobre su ámbito de validez (grupo de entrenamiento, equipo) y sobre su período de vigencia;
- objetivos para determinados puntos álgidos de la competición;
- objetivos intermedios que se deberían conseguir después de efectuado un determinado número de sesiones de entrenamiento o de controles de rendimiento;
- indicaciones sobre la periodización del entrenamiento (v. pág. 57 s.);
- aspectos clave de la formación deportiva (especificación de los ámbitos de carga y de intensidad);
- principales herramientas de entrenamiento (directrices de contenido, método y organización).

Plan de entrenamiento individual

El plan de entrenamiento individual incluye todas las disposiciones básicas para que cada deportista consiga rendimientos óptimos. Se planifican sobre todo los objetivos, tareas, contenidos, medios, métodos, medidas organi-

zativas del entrenamiento, controles y competiciones (cf. Thiess/Schnabel/Baumann, 1980, 237).

Plan de entrenamiento plurianual

El plan de entrenamiento plurianual –se denomina también plan de etapas de entrenamiento– es una estructura de planes cuyo fin es la organización a largo plazo del entrenamiento del deportista. La organización abarca los siguientes niveles o etapas: entrenamiento de base, entrenamiento de profundización y entrenamiento de alto rendimiento (Starischka, 1988, 15; v. pág. 56).

Plan de entrenamiento anual

El plan de entrenamiento anual nos informa sobre el modo de configurar el proceso de entrenamiento anual del deportista o del grupo. Es, por tanto, una concreción del plan plurianual para el año en cuestión e incluye:

- los diferentes objetivos de entrenamiento e intereses principales en el transcurso del año;

- planificación de la carga (v. periodización, pág. 57);
- la planificación del diagnóstico del rendimiento (v. pág. 48);
- la planificación de la competición, incluyendo las competiciones de profundización, de preparación y de prueba;
- la planificación del proceso de evaluación (cf. Starischka, 1988, 17).

Plan del macrociclo

El plan del macrociclo sirve para configurar a medio plazo, esto es, a varias semanas vista, secciones del proceso de entrenamiento, con el objetivo de trabajar fases definidas del desarrollo o asentamiento de la forma deportiva hasta llegar a la forma máxima (cf. Starischka, 1988, 20; Egger, 1992, 31).

Plan de entrenamiento semanal

El plan de entrenamiento semanal –llamado también microciclo (v. pág. 58)– informa sobre la configuración de sesiones de entrenamiento de varios días, llegando hasta una semana. Su contenido es, por una parte, la estructura de la carga de entrenamiento en el transcurso de la semana y, por otra, la secuencia y la variación de las tareas principales dentro de las sesiones de entrenamiento. Así pues, muestra los días en los que están previstas cargas intensas o reducidas y el orden de sucesión en que se aplican los métodos y los contenidos de entrenamiento.

Plan de la sesión de entrenamiento

El plan de la sesión de entrenamiento contiene instrucciones concretas para configurar dicha sesión y describe los diferentes objetivos de carga y los métodos, contenido y herramientas que se necesitan para su puesta en práctica. Nos informa sobre la configuración del programa de calentamiento, de la parte principal de la sesión y de la conclusión del entrenamiento, por ejemplo, con carreras de relajación u otras medidas que favorezcan la recuperación.

Elaboración de planes de entrenamiento*

Al elaborar los planes de entrenamiento interesa formular objetivos concretos y mostrar los correspondientes modos de solución. Se recomienda el procedimiento siguiente:

- Determinar el tiempo de vigencia del plan, los objetivos formativos y pedagógicos, así como los puntos básicos del contenido.

- Para cada período de la planificación (pretemporada, período de competición y período de transición) se deben determinar los objetivos parciales y las tareas, así como el porcentaje de cada componente del entrenamiento.
- Para la resolución de cada tarea se deben planificar los contenidos, medios y métodos de entrenamiento.
- Se han de determinar las fechas para las competiciones (elaboración de un calendario de competición) y los controles de rendimiento

Organización de una sesión de entrenamiento**

La sesión de entrenamiento es la unidad mínima dentro del proceso global del entrenamiento y forma una totalidad cerrada desde el punto de vista del contenido, del tiempo y de la organización. En ella se desarrollan, dependiendo de la modalidad en cuestión, los componentes de rendimiento físico, las destrezas de la técnica deportiva, las destrezas tácticas y técnico-tácticas y las actitudes y comportamientos de los deportistas.

La práctica del entrenamiento ha demostrado la conveniencia de dividir la sesión de entrenamiento en una parte preparatoria, una parte principal y una parte final (tabla 2). La parte principal suele subdividirse a su vez, dependiendo de los objetivos planteados (cf. también Grosser y cols., 1986, 77). Importante: las partes preparatoria y final dependen en gran medida, en cuanto a su contenido, de la organización de la parte principal.

Parte preparatoria

Por preparación entendemos la actitud óptima del deportista ante las exigencias de la sesión de entrenamiento, que se crea con la ayuda de un acondicionamiento psicológico y pedagógico del comportamiento y con una carga física previa. Una actitud positiva, consciente, frente a las tareas refuerza el efecto del entrenamiento (Harre, 1979, 250).

La *parte preparatoria* incluye el planteamiento de las siguientes *tareas*:

- Crear una disposición óptima ante el entrenamiento (transmitiendo una orientación básica, justificando las exigencias y manteniendo una actitud psíquica adecuada a la situación).

* Cf. Colectivo de autores, 1982, 73.

** Cf. Harre, 1979, 250 s.

	Parte preparatoria	Parte principal	Parte final/vuelta a la calma
Determinación de: Objetivos Tareas Contenido	<ul style="list-style-type: none"> • Crear situaciones pedagógicas • Preparar el organismo (calentamiento) • Estimular la disposición al ejercicio 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora del estado de entrenamiento • Entrenar y determinar la secuencia de los movimientos • Preparación de la competición 	<ul style="list-style-type: none"> • Relajar el organismo o calentarlo de nuevo • Evaluar el éxito obtenido (vivencia del éxito) • Crear una conclusión pedagógicamente eficaz
Métodos Instrucciones Elección de los ejercicios	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la indumentaria deportiva y de los aparatos • Inicio puntual de la sesión de entrenamiento • Indicación del objetivo y planteamiento de la tarea • Ejercicios sencillos, multilaterales (ejercicios básicos, ejercicios gimnásticos, juegos) • Observar la transición hacia la parte siguiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión, adquisición y fijación de conocimientos, capacidades y destrezas • Solución consecuente de tareas y objetivos parciales • Tener en cuenta la capacidad de soportar cargas • Fomentar la autocorrección 	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicios o juegos divertidos y relajados • Tranquilizar el organismo si la carga realizada ha sido elevada • Retirar el material, poner orden • Valoración de la sesión de ejercicio o de entrenamiento (evaluación y reconocimiento) • Conclusión de la sesión de entrenamiento
Carga	Carga creciente	Carga elevada	Carga decreciente
Propuesta de tiempo	15-20 min	45- 60 min	10-15 min
Atención: la relación temporal entre las diferentes partes de la sesión de entrenamiento depende sobre todo del objetivo planteado. Conviene garantizar el carácter cerrado de la sesión de entrenamiento.			

Tabla 2. Transcurso posible de una sesión de entrenamiento (de Colectivo de autores, 1982, 74)

- Concentrarse en la carga previa psíquica que se va a realizar y en la tarea principal que se quiere solucionar.
- Conseguir una elasticidad muscular óptima mediante ejercicios de relajación y de estiramiento.
- Calentamiento y estimulación inicial.
- Familiarizarse con las secuencias motoras específicas y conseguir una capacidad de reacción óptima.

Distinguimos entre una preparación física general y una específica ; la primera antecede siempre a la segunda.

Cualquier programa de preparación debería incluir, en su parte general, ejercicios de carrera ligeros, ejercicios gimnásticos de relajación y estiramiento, y juegos con balones.

Importante: se deben elegir ejercicios sencillos y conocidos, con el fin de evitar interrupciones indeseadas y perjudiciales para el calentamiento, moviendo al mismo tiempo a todos los deportistas. El aumento de la carga de-

be ser progresivo para prevenir las lesiones. En la parte específica, los deportistas se preparan para la primera tarea de la parte principal con ayuda de ejercicios cada vez más específicos. La duración de la preparación depende de la modalidad deportiva, la temperatura externa, la tarea principal, etc; debería ocupar un tiempo de 15 a 30 minutos.

Parte principal

La parte principal de la sesión de entrenamiento incluye tareas pensadas para el desarrollo o la consolidación de la capacidad de rendimiento deportivo. Las tareas consisten principalmente en trabajo técnico, táctico y de condición física, sin descuidar el fomento de rasgos de la personalidad que sirvan para optimizar el rendimiento.

Si en una sesión de entrenamiento se trabajan varias tareas, se deberá tener en cuenta el principio de la sucesión correcta de las cargas (v. pág. 28). La duración de la parte principal debería situarse entre 45 y 60 minutos.

Parte final

En la parte final deben iniciarse y acelerarse los posteriores procesos de recuperación y regeneración. Así pues, el epílogo incluye el planteamiento de las siguientes tareas:

- Reducir progresivamente la carga con ejercicios de relajación y distensión de los músculos, y disminuir la carga nerviosa reduciendo la concentración.
- Reconducir de forma activa el sistema cardiovascular y el metabolismo hasta alcanzar valores anteriores a la carga (p. ej., con carreras suaves).
- Conclusión del trabajo dentro de una atmósfera animada, intentando que la actitud ante la próxima sesión de entrenamiento sea positiva.

Elaboración posterior y evaluación del entrenamiento

Distinguimos entre una evaluación posterior inmediata y una diferida. En la *evaluación posterior inmediata* se valora el efecto de una única sesión de entrenamiento. En la *evaluación posterior diferida* se analiza la suma de todas las sesiones pertenecientes a un bloque de trabajo (período o año de entrenamiento), en función de su efecto global y complejo. La combinación de valoración momentánea y

Las medidas de entrenamiento planteadas se describen de forma objetiva en el marco de la *documentación del entrenamiento* (cf. Carl, cit. en Röthig, 1992, 527).

diferida, esto es, detallada y compleja, reviste una especial importancia, pues el efecto de las diferentes sesiones o bloques de entrenamiento no se suele reconocer y evaluar de forma inmediata, sino después de un cierto tiempo.

La elaboración posterior inmediata y diferida del entrenamiento arroja luz sobre las siguientes cuestiones (cf. Stiehler, 1976, 444):

- ¿Se han conseguido los objetivos planteados para la sesión o el bloque de entrenamiento?
- ¿Eran los objetivos planteados adecuados para la composición y para el estado de rendimiento del grupo de deportistas?
- ¿Se tuvieron en cuenta las condiciones de entrenamiento locales, y se aprovecharon suficientemente?
- ¿Resultó adecuada la elección de los ejercicios?
- ¿Se midió correctamente el volumen de los ejercicios y la intensidad de su realización?
- ¿Se mantuvo la secuencia temporal planificada y el énfasis sobre contenidos determinados?
- ¿Se eligió correctamente la relación entre carga y recuperación?

Las respuestas a estas preguntas, o a otras comparables, son un punto de apoyo para la planificación del entrenamiento a corto o a largo plazo. Si la evaluación del entrenamiento no se efectúa, o se hace de forma incompleta o sin el cuidado necesario, el proceso de entrenamiento no se podrá dirigir de forma selectiva ni corregir en una medida suficiente.

La problemática de la elaboración posterior y la evaluación del entrenamiento nos lleva a un punto central de la moderna metodología del entrenamiento, concretamente a la organización del entrenamiento (v. capítulo siguiente).

5 Organización del entrenamiento y evaluación del rendimiento

Dado que los procedimientos específicos de evaluación del rendimiento y los detalles de la organización del entrenamiento se comentan en los diferentes capítulos (entrenamiento de la resistencia, la fuerza, la velocidad, la movilidad y la coordinación), en este punto nos limitaremos a exponer las nociones, relaciones y fundamentos generales necesarios para su comprensión.

Organización del entrenamiento

La evaluación y control del rendimiento y la planificación del entrenamiento (v. pág. 39 s.) son componentes de la organización compleja del entrenamiento, estrechamente vinculados entre sí y apenas analizables por separado (cf. Schiffer, 1993, 66).

La planificación del entrenamiento debe ser el inicio de todas las acciones de entrenamiento organizadas (cf. Brack, 1993, 62).

Para garantizar una optimización del rendimiento en el proceso de entrenamiento a corto, medio y largo plazo, debemos examinar el estado de rendimiento conseguido en cada momento con la ayuda de procedimientos de evaluación. Los datos registrados se tienen en cuenta para la planificación de los días y semanas siguientes, en el sentido de la modificación o mantenimiento del trabajo que se viene efectuando.

El control de la regularidad del proceso de entrenamiento es indispensable para reconocer a su debido tiempo, a través de la comparación valor ideal-valor real, las desviaciones respecto de los objetivos marcados para el período, y para adoptar, dado el caso, las correspondientes medidas correctoras (cf. Bartonietz, 1992, 12).

Para estos procesos se utiliza el concepto de organización del entrenamiento, o del rendimiento (sinónimos). En este sentido, la regulación del entrenamiento se puede definir, de acuerdo con Carl/Grosser (cit. en Röthig, 1992, 527/528), de la siguiente forma:

“Regulación del entrenamiento significa, resumiendo, el ajuste selectivo (a corto y largo plazo) de todas las medidas de planificación del entrenamiento, de su puesta en práctica (realización) y de los controles de la competición y del entrenamiento con el fin de modificar el estado de rendimiento deportivo (estado de entrenamiento) y de conseguir rendimientos y éxitos en el deporte.”

Así pues, la regulación del entrenamiento incluye la modificación selectiva del valor real momentáneo bajo la perspectiva del estado ideal planteado.

La planificación del entrenamiento debe ser el inicio de todas las acciones de entrenamiento organizadas (cf. Brack, 1993, 62).

Según Adams y cols. (1972, 9), la carga es una magnitud organizativa decisiva para el entrenamiento. Su dosificación correcta constituye el estímulo adecuado para la mejora del rendimiento.

Dependiendo de los diferentes objetivos planteados (rendimiento deportivo máximo, salud o rehabilitación, entre otros), la organización del entrenamiento permite, a través de una gestión minuciosa de los componentes regulables (métodos y contenidos de entrenamiento, etc.), un desarrollo óptimo del rendimiento, teniendo en cuenta también las regularidades de la adaptación y las posibles magnitudes de distorsión.

Dado que la noción de organización del entrenamiento se adoptó como préstamo del lenguaje informático, la ex-

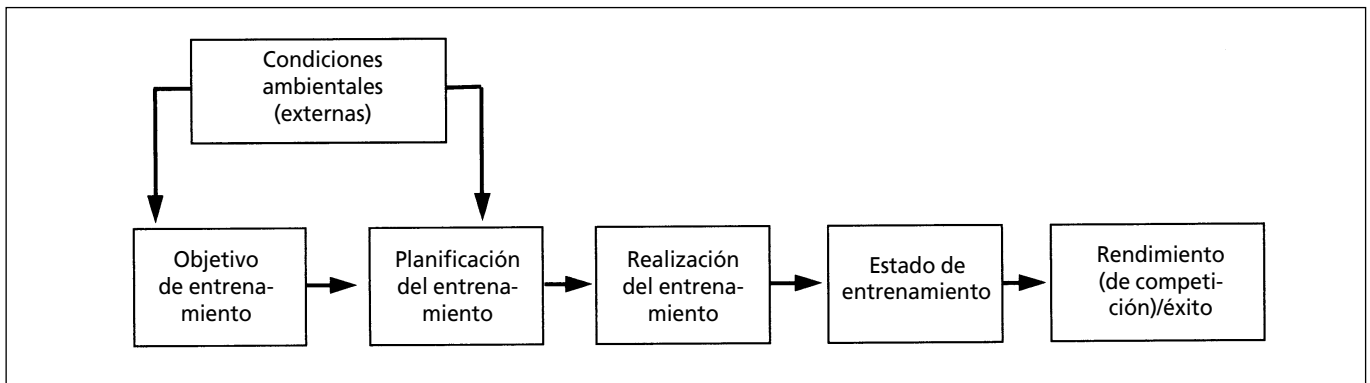


Figura 15. Modelo simplificado de la organización del entrenamiento (de Carl/Grosser, 1992, 528).

presión “organización del entrenamiento” debería sustituirse, desde un punto de vista científico, por el concepto “organización y regulación” del entrenamiento deportivo (del rendimiento deportivo) (cf. Grosser/Brüggemann/Zintl, 1986, 12). Aquí entendemos *organización* como un proceso en un sistema dinámico, en el cual, partiendo de un objetivo planteado, una o varias magnitudes de entrada (*input*) influyen, basándose en las regularidades propias del sistema, sobre una o varias magnitudes de salida (*output*) (cf. Carl/Grosser, 1992, 528).

El proceso de la *regulación* se puede representar, de forma esquemática y fuertemente simplificada, con la cadena que se muestra en la figura 15.

No obstante, dado que este modelo no incluye información retroactiva sobre la magnitud de salida ni comparaciones entre valor ideal y valor real, se amplió en la dirección del *modelo de circuito regulador* (v. fig. 16). En contraposición con el esquema rígido esbozado anteriormente, el modelo del circuito regulador ofrece como ventaja la posibilidad de variar la planificación del entrenamiento sobre la base de controles constantes del entrenamiento y de la competición.

Grosser (cit. en Röthig, 1992, 529; cf. también Grosser y cols., 1986, 17) adaptó este modelo para el ámbito de la metodología del entrenamiento, en función de las necesidades prácticas (v. fig. 17).

En este modelo se distinguen componentes intrínsecos, variables y limitadores (cf. Grosser y cols., 1986, 16, y Grosser/Carl, 1992, 529).

Como componentes *intrínsecos* –que forman parte de la organización del entrenamiento– se consideran:

- evaluación del estado de rendimiento momentáneo;
- planteamiento de objetivos y normas, planificación del entrenamiento (periodización/distribución en ciclos y sesiones de entrenamiento);
- realización del entrenamiento;
- controles del entrenamiento y de la competición;

- evaluación y comparación de normas;
- informaciones sincrónicas, rápidas y tardías.

Como componentes *organizables* y *conducibles* (son intercambiables, modificables, y actúan parcialmente como limitadores) se mencionan los siguientes:

- contenidos de entrenamiento: capacidades físicas, coordinativas y táctico-físicas;
- regularidades de la adaptación y principios generales del entrenamiento;
- métodos de entrenamiento, medidas de regeneración, principios pedagógicos y psicológicos generales;
- momentos situacionales/magnitudes de distorsión, condiciones externas.

La organización y regulación del entrenamiento recorre cinco pasos parciales, estrechamente vinculados entre sí (v. fig. 18).

Como muestra la figura 18, el análisis de los factores que determinan el rendimiento en una modalidad deportiva es requisito indispensable para cualquier proceso de organización y regulación.

En un primer paso se registra, con los procedimientos de evaluación del rendimiento (v. explicaciones posteriores), el estado de rendimiento momentáneo, de forma directa, a través del rendimiento deportivo complejo, o indirecta, a través de componentes aislados. De aquí se deduce, en niños y jóvenes, la clasificación en las llamadas etapas de entrenamiento (v. pág. 53).

En un segundo paso se determinan los objetivos planteados en la planificación del entrenamiento a corto, medio o largo plazo, que se pueden orientar en función de las normas correspondientes a cada período del desarrollo. Al mismo tiempo se busca un ajuste óptimo entre las fases de entrenamiento y las competiciones.

En el tercer paso se ponen en práctica los planes de entrenamiento y competición.

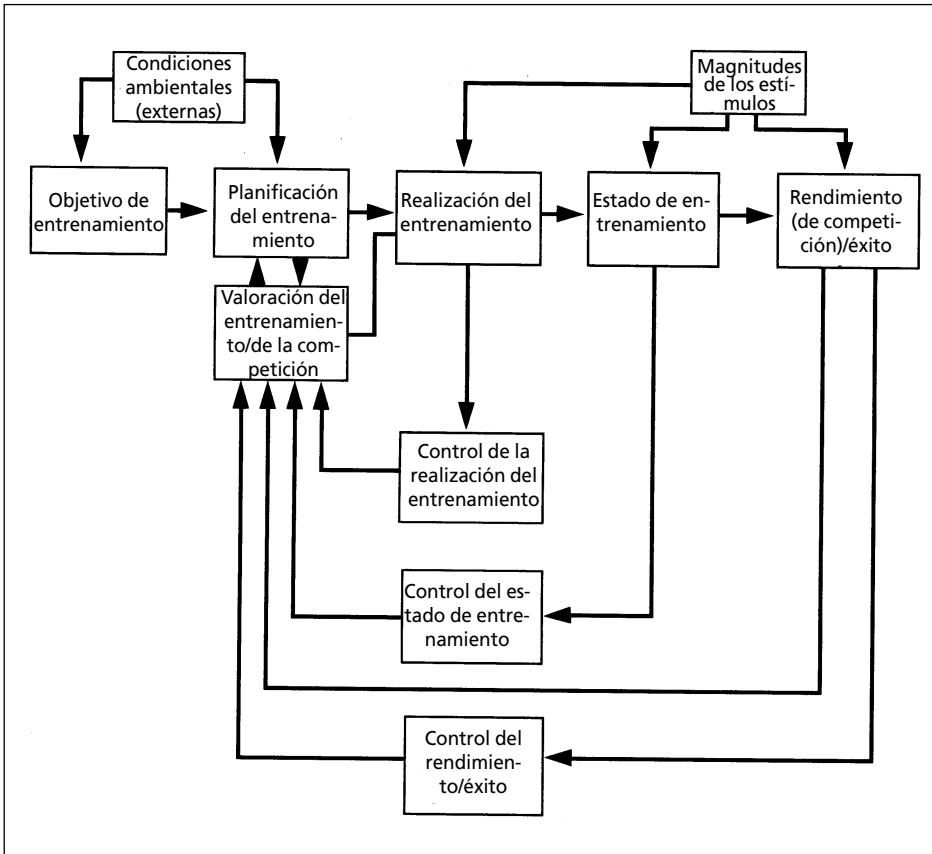


Figura 16. Circuito regulador del entrenamiento deportivo (de Carl, cit. en Röhlig, 1992, 529, y 1989, 219).

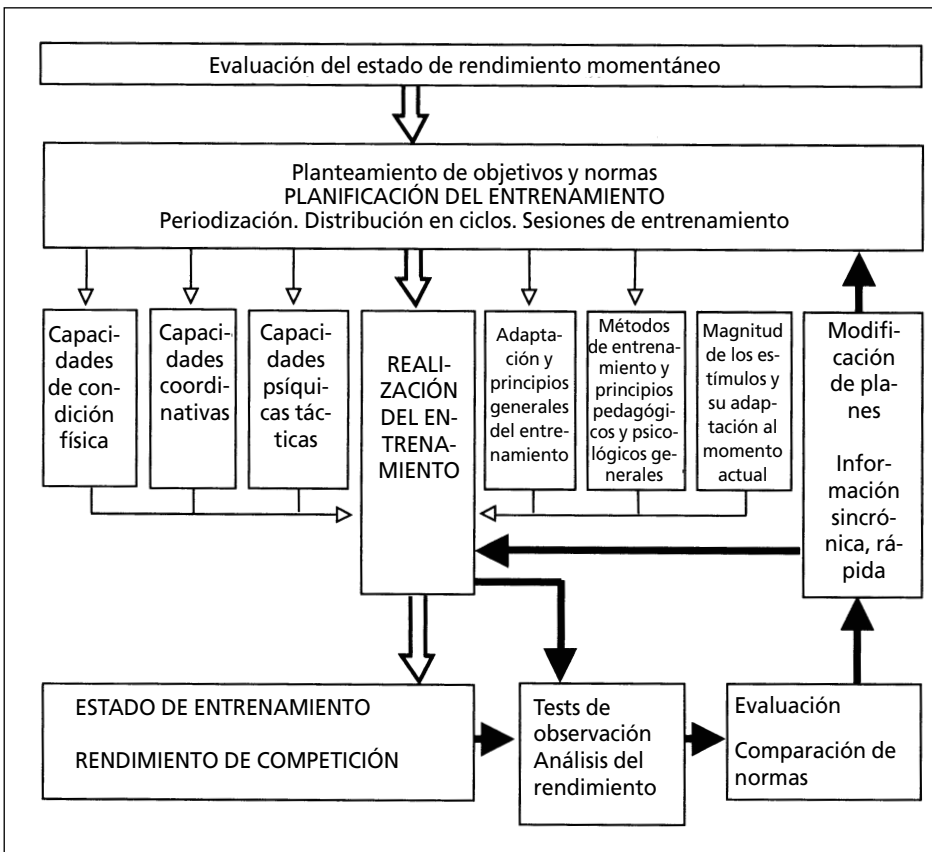


Figura 17. Modelo de la regulación del entrenamiento (de Grosser, cit. en Röhlig, 1992, 529).

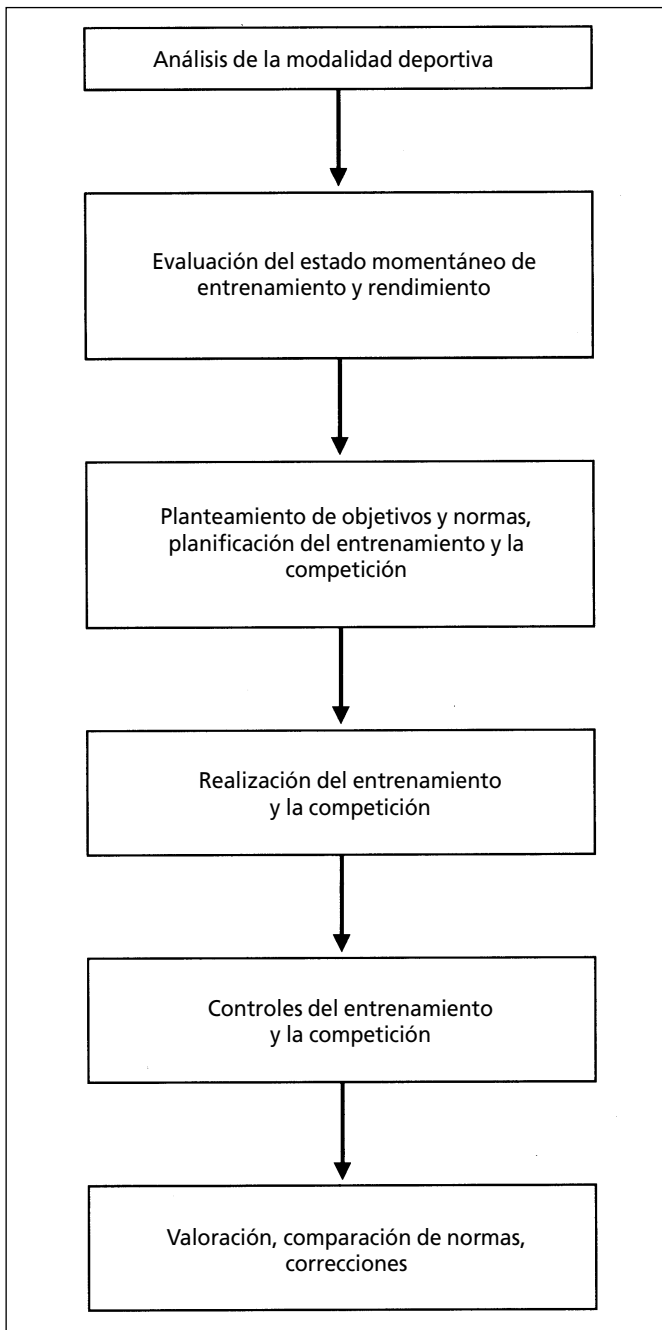


Figura 18. Pasos de la organización y regulación del entrenamiento y la competición (modificado de Grosser y cols., 1986, 48/49).

El cuarto paso incluye el control del entrenamiento y la competición mediante las correspondientes observaciones, mediciones y pruebas.

Finalmente, en el quinto paso se evalúan las mediciones, observaciones o pruebas registradas; en caso de ser necesarias, sirven para corregir de forma inmediata el transcurso del entrenamiento y de la competición, o para modificar o mantener el régimen de entrenamiento o competición aplicado hasta el momento (cf. Grosser/Brügge-mann/Zintl, 1986, 48/49).

El tema central de la organización del entrenamiento es, por una parte, la organización y regulación de los factores que determinan el rendimiento, y, por otra, las medidas acompañantes del entrenamiento.

En el primer plano de la organización y regulación de los factores determinantes del rendimiento se sitúan las capacidades físicas (resistencia, fuerza, velocidad y movilidad), coordinativo-técnicas, psíquicas y cognitivo-tácticas.

Los aspectos básicos de organización y regulación de las medidas acompañantes del entrenamiento son los factores de optimización, como, por ejemplo, el calentamiento, la carrera final de relajación, la fisioterapia y la nutrición (v. el capítulo correspondiente).

Además la organización del entrenamiento se ocupa de rendimientos de juego complejos y también de la organización a largo plazo del rendimiento de niños y jóvenes.

Evaluación del rendimiento

La evaluación del rendimiento es un requisito previo de la organización del entrenamiento.

Una organización eficaz del entrenamiento presupone fiabilidad en los valores de las pruebas (cf. Bartonietz, 1992, 12).

La planificación del rendimiento máximo individual del deportista a corto, medio y largo plazo sólo se puede efectuar, según Nowacki (1987, 505), sobre la base de un análisis deportivo-médico, detallado y específico de la modalidad, del estado de rendimiento real.

Definición

La evaluación del rendimiento consiste en el reconocimiento y la calificación del nivel individual de los componentes de un rendimiento deportivo o de un estado de rendimiento deportivo.

La evaluación del rendimiento es, junto con la planificación del entrenamiento, el requisito previo básico para la organización del entrenamiento.

Entre los procedimientos de evaluación del rendimiento (Grosser/Neumaier [1988, 19] hablan también de procedimientos de control), se pueden distinguir:

- encuesta, entrevista;
- observación (a cargo del entrenador/preparador; con documentación, cuadrículas, vídeo/película, ordenador y similares);
- tests deportivo-motores;
- evaluaciones de la psicología deportiva;
- evaluaciones de la medicina del deporte (cardiológicas, fisiológicas y bioquímicas);
- evaluaciones anatómo-funcionales;
- evaluaciones biomecánicas.

En medicina del deporte la frecuencia cardíaca (v. pág. 175) y el lactato en sangre (v. pág. 182) desempeñan un papel especialmente importante como parámetros de organización.

Para la organización del entrenamiento se utilizan además los análisis de amoníaco (v. pág. 410) y de catecolaminas (v. pág. 70).

En cuanto al control del rendimiento, distinguimos entre controles directos e indirectos.

Por control de rendimiento *directo* se entiende el registro del rendimiento deportivo complejo, esto es, de sus características significativas asociadas a una competición. Por el contrario, denominamos control de rendimiento *indirecto* al registro de componentes aislados del rendimiento practicado durante el tiempo de entrenamiento o en situaciones especiales (asociadas a tareas específicas) (cf. Grosser/Neumaier, 1988, 20).

La tabla 3 muestra las posibilidades del control de rendimiento directo e indirecto en el ejemplo del fútbol.

	Directo	Indirecto
Componentes técnicos	Registro de acciones eficaces e ineficaces con los siguientes elementos técnicos: recepción y control del balón, regate, pase, disputa uno contra uno, tiro a puerta Realización: estadio, grabación televisiva o de vídeo	Batería de tests técnicos: recepción y control del balón, pase, regate, tiro a puerta, acrobacias, tests complejos Realización: campo de fútbol/pista polideportiva y gimnasios
Componentes tácticos	Registro numérico de acciones (p. ej., incorporaciones al ataque), evaluación de formas de comportamiento táctico individual en ataque y en defensa, según un sistema de valoración en dos o más niveles Realización: grabación en vídeo con un campo de visión adecuado al propósito de la evaluación	Batería de tests tácticos: examen de la comprensión táctica con la ayuda de escenas de juego, según el procedimiento de "correcto/falso" o de elección múltiple (<i>multiple choice</i>) con una respuesta mejor o varias Realización: no asociada a un lugar determinado
Componentes de condición física	Registro del rendimiento de carrera (distancia recorrida con y sin balón); detallado según el número, distancia y velocidad de las carreras; detallado también según los períodos de juego Exámenes telemétricos y análisis de sangre durante el partido o nada más terminado éste Realización: estadio	Batería de tests físicos: para medir la capacidad de rendimiento general en relación con la fuerza, resistencia, resistencia de velocidad, flexibilidad; medición de los parámetros cardiovasculares en condiciones de carga propias del fútbol, p. ej., test de rendimiento en la cinta rodante, simulando el movimiento de parada y arranque del futbolista (con variación de la velocidad del movimiento) Realización: campo de fútbol/pista polideportiva, gimnasio, laboratorio médico

Tabla 3. Esquema de las posibilidades de controles de rendimiento directos e indirectos en el fútbol (Grosser/Neumaier, 1988, 22)

Requisitos para los procedimientos de control y de tests (cf. Weineck, 1992, 110 s.)

Criterios de los tests

A la hora de efectuar los tests de evaluación del rendimiento se debe tener en cuenta, por una parte, los correspondientes criterios de calidad, y por otra, su factibilidad (practicabilidad, esfuerzo organizativo, posibles costes económicos). Desde el punto de vista científico distinguimos entre *criterios de calidad principales* (criterios de exactitud) –validez, fiabilidad y objetividad– y *criterios de calidad secundarios* (interesan sobre todo en relación con la puesta en práctica), como economía, posibilidades de establecer normas, utilidad y posibilidades de comparación (cf. Grosser/Starischka, 1986, 12). Para los criterios de calidad principales interesan las siguientes indicaciones:

- La *validez* de una prueba indica el grado en que verdaderamente se registra lo que se debe registrar de acuerdo con la cuestión planteada.
- La *fiabilidad* de una prueba indica el grado de exactitud con el que se mide la característica en cuestión (exactitud de medición).
- La *objetividad* de una prueba expresa el grado de independencia entre el resultado de una prueba y la persona que estudia, evalúa y dictamina.

Los coeficientes de correlación para los criterios de calidad en los tests de condición física sirven, según Grosser/Starischka (1986, 14), de ayuda orientativa para entrenador y deportista. De ser posible, se deberían escoger unos tests de condición física con coeficientes de calidad al menos aceptables (tabla 4).

Acerca de los criterios secundarios, Grosser/Starischka (1986, 14) nos proporcionan las siguientes indicaciones.

Se consideran *económicos* los procedimientos de evaluación del rendimiento:

- realizables en un tiempo breve,
- que no exigen mucho material ni muchos aparatos para el test,
- sencillos de manejar,
- aplicables como test en grupo,
- con posibilidad de evaluación rápida y sin muchas exigencias de cálculo.

Se consideran *normalizados* aquellos tests que permiten clasificar los resultados individuales como magnitudes de referencia. Los valores normalizados establecidos de modo exacto y específicos de la edad, del sexo, del nivel de rendimiento, del grupo de entrenamiento, etc., racionalizan el trabajo inmediato de evaluación.

Existe *posibilidad de comparar* cuando disponemos de uno (o varios) test(s) paralelo(s) de un valor informativo similar con lo(s) cual(es) podemos relacionar el test elegido.

Consideramos test *útil* aquel que registra una capacidad psicofísica de cuyo conocimiento existe una necesidad práctica.

Ventajas, inconvenientes y límites de los tests de evaluación del rendimiento

Ventajas

El registro mediante tests de componentes parciales de la capacidad de rendimiento deportivo presenta, según Sass (1985, 738), las siguientes ventajas:

Coeficiente de calidad	Validez	Fiabilidad	Objetividad
0,95-0,99	–	Sobresaliente	Sobresaliente
0,90-0,94	–	Muy buena	Muy buena
0,85-0,89	Sobresaliente	Aceptable	Aceptable
0,80-0,84	Muy buena	Aceptable	Aceptable
0,75-0,79	Aceptable	Débil	Débil
0,70-0,74	Aceptable	Débil	Débil
0,65-0,69	Cuestionable (aceptable para tests muy complejos)	Cuestionable (aceptable para baterías de tests)	Cuestionable
0,60-0,64	Cuestionable	Cuestionable	Cuestionable

Tabla 4. Coeficientes de calidad de pruebas deportivo-motoras (de Barrow/McGee 1971)

- Se puede calcular de forma reproducible, con un grado de autenticidad relativamente elevado, determinados factores del rendimiento, como las capacidades físicas y coordinativas o las habilidades técnicas.
- Se puede examinar el estado de rendimiento individual en dichos factores sin influjo del marco global de condicionantes.
- Se puede seguir los progresos del rendimiento en su desarrollo.
- En comparación con la observación, se descarta en gran medida el influjo subjetivo.

Para completar podríamos añadir:

- Los tests de componentes parciales son requisito indispensable para una organización eficaz dentro del proceso de entrenamiento a largo y medio plazo (planteamiento de objetivos parciales en el proceso de entrenamiento plurianual, objetivos en la periodización anual, etc.).
- Los tests permiten compensar déficit parciales, contribuyendo así a evitar causas latentes de estancamiento.

Inconvenientes

Se consideran inconvenientes específicos de los tests de juegos deportivos (cf. también Sass, 1985, 738):

- La complejidad del rendimiento de juego es imposible de registrar.
- La actitud y la motivación frente al test presentan grados muy diferentes en cada jugador, lo cual influye considerablemente en los resultados de aquél (un jugador peor desde el punto de vista del juego puede efectuar un test de Cooper con una motivación sustancialmente mayor que la de un jugador mejor, pues el primero ve aquí una posibilidad “objetiva” de rehabilitar su diagnóstico de capacidad de rendimiento global).

Límites

El valor informativo de los tests de evaluación del rendimiento no se debería sobreestimar. Los resultados aislados de tests físicos, sobre todo en modalidades complejas como, por ejemplo, los grandes juegos deportivos, informan sólo sobre componentes parciales de la capacidad de juego compleja. Tomando como ejemplo los tests de condición física, Grosser/Starischka (1986, 15/16) resumen de la siguiente forma las limitaciones de los tests de evaluación del rendimiento:

- “Los tests de condición física son válidos para la *evaluación gruesa* de componentes aislados, en parte también complejos, de la condición física. La *evaluación fina* de las capacidades físicas se reserva para los estudios bio-

químicos, biomecánicos y deportivo-médicos, costosos y complejos desde el punto de vista organizativo.

- Los rendimientos deportivo-motores (acciones deportivas motoras) no están determinados ni se explican sólo por las capacidades físicas, sino que en ellos influyen muchos otros componentes del rendimiento, asociados a la personalidad del deportista (y capaces de compensar en gran medida las carencias en dichas capacidades). Así pues, los tests de condición física registran sólo aspectos parciales de los rendimientos de fuerza, de resistencia, de velocidad, etc.; además, aunque unas secuencias motoras relativamente elementales (con escaso componente coordinativo) permitan sacar conclusiones sobre el grado de desarrollo de las capacidades físicas, no se puede conocer con suficiente exactitud su participación real en el origen de los rendimientos deportivos.
- Los rendimientos físicos expresan sólo funciones parciales de la personalidad del deportista, de las cuales no se puede sacar conclusiones adicionales sobre la personalidad global de éste.
- El valor informativo de los diferentes tests de condición física mantiene una estrecha relación con los conocimientos seguros disponibles acerca del objeto de estudio. Los tests físicos sólo producen resultados útiles si tienen en cuenta y se simulan las condiciones de exigencia (estructura) del rendimiento deportivo-motor en cuestión, esto es, si reflejan componentes esenciales de éste.
- Aun teniendo rigurosamente en cuenta las condiciones de realización (v. *infra*), el resultado del test –y cada medición– puede estar condicionado en grado variable por factores de distorsión como los acontecimientos del momento, el efecto del test –esto es, la incidencia de una realización del test sobre los valores de la segunda realización, la tercera ...– y también por errores casuales.”

Los procedimientos de test asociados a las formas principales (características) de trabajo motor, es decir, a la resistencia, fuerza, velocidad y flexibilidad, suelen carecer, en el ámbito de los juegos deportivos, de la validez y de las posibilidades de comparación necesarias. En la literatura especializada de los juegos deportivos no se encuentran (o apenas) tests normalizados, especificados por grupos de edad, de sexo o de rendimiento. En la mayor parte de los casos se deja a los entrenadores la tarea de comparar los valores registrados dentro de un grupo, de compararlos con valores de años préteritos o futuros y de extraer de ello consecuencias metodológicas.

En la realización de los tests se da por hecho que el entrenador profesional dispone de posibilidades (financieras, personales y de tiempo) diferentes a las del entrenador no retribuido de un equipo de categoría regional. Por ello, intentamos presentar diferentes posibilidades de tests,

aplicables en todos los niveles para el control y la regulación del rendimiento.

Tipos de tests. Modalidades de realización. Tablas de evaluación

En el ámbito de los tests de evaluación del rendimiento distinguimos entre tests deportivo-motores sencillos, que cualquier entrenador puede utilizar en la cancha sin un dispositivo especial de aparatos, y tests deportivo-médicos, factibles sólo en colaboración con una institución deportivo-médica (normalmente con un coste financiero considerable).

La evaluación deportivo-médica del rendimiento aporta conclusiones muy precisas y detalladas sobre el estado y el desarrollo de la capacidad de rendimiento corporal, general y específica, de un jugador; también proporciona información, específica de la modalidad, sobre la configuración óptima del entrenamiento y facilita, en determinadas circunstancias, el pronóstico del rendimiento (cf. Schwabinger y cols., 1984, 25). Estas informaciones se obtienen combinando de forma adecuada los tests de laboratorio y de campo, efectuados varias veces al año en los diferentes períodos de entrenamiento. Los exámenes deportivo-médicos como apoyo del proceso de entrenamiento sólo nos depararán éxitos, según Schwabinger y cols. (1984, 25), si los entrenadores y deportistas desean efectuar dichos exámenes y si comprenden plenamente su sentido.

La *ventaja de los estudios de laboratorio* radica en sus mejores posibilidades de estandarización y reproducción; sus *desventajas* tienen que ver con la carencia, manifiesta hasta la fecha, de especificidad por modalidad deportiva, y con un diagnóstico que sólo registra componentes parciales de la capacidad de rendimiento.

Por su parte, la *ventaja de las investigaciones de campo* radica en su mayor especificidad por modalidad deportiva, y en un registro mejor y más preciso de los cambios de la capacidad de rendimiento deportivo en el transcurso del entrenamiento; su *desventaja* radica en la dificultad de estandarización, reproducción y ejecución (cf. Keul y cols., 1981, 382). Los estudios de campo resultan especialmente adecuados para observar y, dado el caso, corregir la intensidad de trabajo en las formas de entrenamiento aeróbicas y anaeróbicas; aquí interesa sobre todo comprobar la concentración de lactato en sangre durante una carga de entrenamiento (cf. Kindermann/Keul, 1977, v. pág. 199).

Como resumen podemos afirmar que la planificación del entrenamiento, la evaluación del rendimiento y la organización del entrenamiento presentan interrelaciones muy estrechas.

Sobre la base de la planificación del entrenamiento, y con la ayuda ofrecida por los procedimientos de evaluación del rendimiento, la organización del entrenamiento intenta dirigir de forma selectiva un valor real dado hacia un valor ideal planteado; de forma paralela se planifican las cargas de entrenamiento en función de la situación, se controlan y se evalúan de forma individual.

6 El proceso de entrenamiento a largo plazo

La práctica deportiva muestra cada vez con más claridad que los rendimientos máximos sólo se consiguen si los fundamentos necesarios se han consolidado ya en las edades infantil y juvenil. Ello requiere una planificación sistemática y a largo plazo del proceso de entrenamiento.

Aquí se trata de configurar el desarrollo del rendimiento a largo plazo como un proceso unitario, en etapas coherentes en cuanto a sus contenidos y limitadas temporalmente, y de avanzar gradual y sistemáticamente desde una formación básica, orientada hacia la modalidad, hasta un

entrenamiento especializado en la modalidad/disciplina específica (cf. Reiss y cols., 1993, 12).

Para el proceso de entrenamiento a largo plazo es muy importante consolidar los fundamentos de rendimiento que previsiblemente se necesitarán más adelante, garantizar las estructuras temporales necesarias –enfoque consecuente hacia la edad de rendimiento máximo (v. también pág. 55)– y crear condiciones marco para la preparación a largo plazo y el desarrollo de rendimientos de elite.

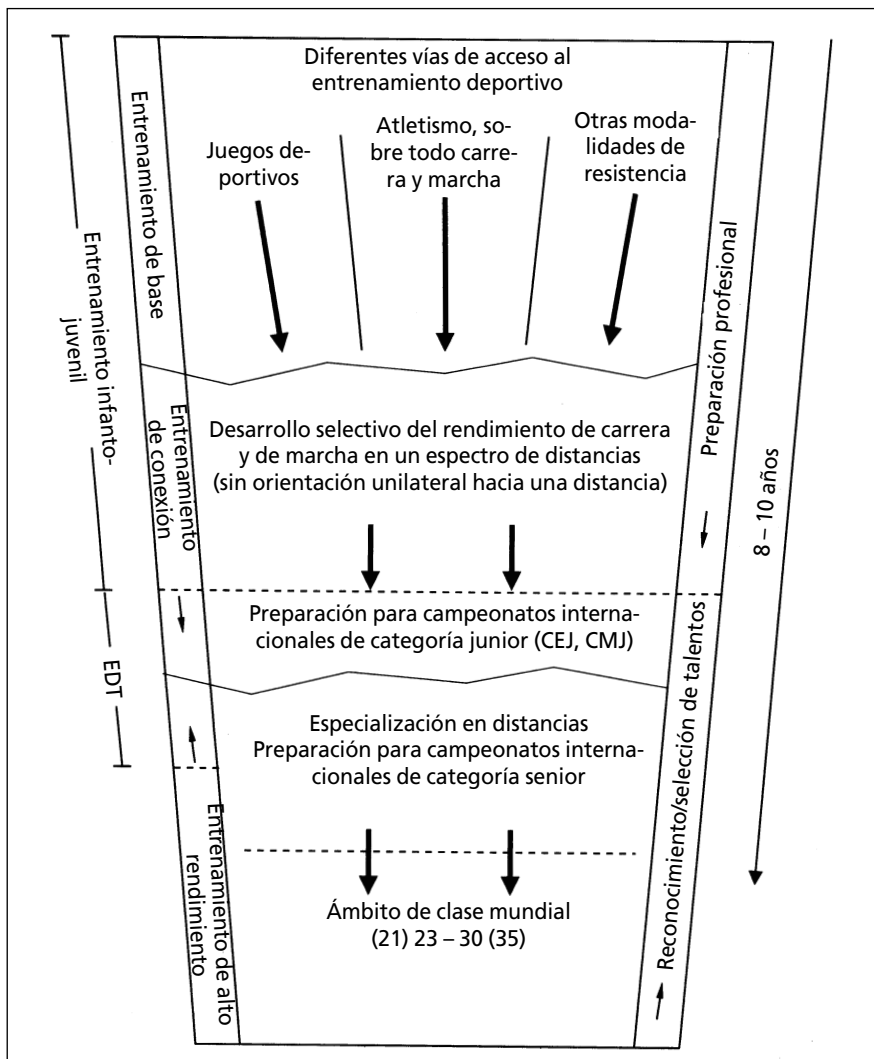


Figura 19. Modelo de desarrollo del rendimiento a largo plazo sobre el ejemplo de la carrera/marcha (modificado de Reiss y cols., 1993, 13).

AT = Atletismo

CEJ = Campeonatos europeos junior

CMJ = Campeonatos mundiales junior

EDT = Entrenamiento de transición

Formación básica general	
Entrenamiento infantil y juvenil	Entrenamiento de base Entrenamiento de profundización Entrenamiento de conexión
Entrenamiento de alto rendimiento	

Figura 20. Etapas del desarrollo del entrenamiento en el trabajo orientado hacia el deporte de elite.

En la consolidación del rendimiento a largo plazo se ha de tener en cuenta la complejidad y la unidad de la modalidad deseada, sin perder de vista el perfil de exigencias específico de dicha modalidad (cf. Reiss y cols., 1993, 12).

La figura 19 ilustra estas exigencias sobre el ejemplo del desarrollo del rendimiento a largo plazo en las modalidades atléticas de carrera y de marcha.

Estructuración del proceso de entrenamiento a largo plazo

El proceso de entrenamiento a largo plazo se divide, de forma muy general, en diferentes etapas de entrenamiento (v. fig. 20), con objetivos, métodos y contenido relativamente autónomos, y con una organización del trabajo en correspondencia con las etapas de edad.

Esta división se efectúa al margen de las edades correspondientes a cada etapa, pues, por ejemplo, en patinaje artístico, gimnasia de aparatos o en natación se alcanzan niveles de alto rendimiento en la edad juvenil, mientras que en otras modalidades esta misma edad corresponde al inicio del entrenamiento infanto-juvenil.

El objetivo del proceso de entrenamiento a largo plazo es el aumento progresivo de las exigencias de entrenamiento y la mejora continua de la capacidad de rendimiento deportivo. La capacidad de rendimiento deportivo depende de capacidades físicas, psíquicas, técnico-tácticas e intelectuales (v. pág. 19). Para alcanzar un nivel máximo en todos estos componentes parciales de la capacidad de rendimiento, se necesita una planificación meticulosa y prospectiva del proceso de entrenamiento.

Formación básica general

La *formación básica general* (Joch [1992, 245], en el contexto de las medidas de promoción de talentos, designa esta etapa de entrenamiento también como “entrenamiento motor básico”) incluye sobre todo el desarrollo de las capacidades coordinativas (v. pág. 479). En primer plano

se sitúa el aprendizaje de destrezas motoras y combinaciones de movimientos múltiples, sencillas y adecuadas al estadio momentáneo del desarrollo, como “vehículo” para el progresivo perfeccionamiento de las capacidades coordinativas, sobre todo las de equilibrio, de ritmo, de reacción, de diferenciación muscular, de orientación espacio-temporal, de acoplamiento y de reorientación.

En la *formación básica general* se ha de buscar un planteamiento divertido, variado y ameno de las exigencias, para ampliar sistemáticamente el repertorio de movimientos y acopiar las más variadas experiencias motoras y corporales. Este trabajo se efectúa, en correspondencia con la edad, de forma exclusivamente lúdica. Padres, empleados del jardín de infancia y preparadores físicos proporcionan “oportunidades de aprendizaje” y actividades lúdicas y de ejercicio, como, por ejemplo, “paisajes de movimiento”, recorridos de escalada, etc., que subrayan el aspecto de vivencia conjunta entre compañeros generacionales, contribuyendo así de forma importante a la socialización.

La variedad de la oferta debería reflejarse en una formación polideportiva, sin modalidad específica, incluyendo también un trabajo selectivo y variado con el balón.

El principio de la carga progresiva (v. pág. 26) en relación con las exigencias se debe respetar ya en esta etapa de entrenamiento: la mayor complejidad de los movimientos o de las series de éstos, su mayor velocidad y precisión no sólo favorecen la capacidad de rendimiento coordinativo, sino que mejoran también la capacidad de aprendizaje motor mediante la creación de un gran número de “bucles motores”.

Entrenamiento infantil y juvenil

El objetivo del entrenamiento infantil y juvenil consiste principalmente en reconocer las dotes específicas y desarrollar las potencialidades individuales en la modalidad deportiva planteada. En este sentido, el uso de indicadores específicos de la modalidad desempeña un papel importante. Para el ámbito de las disciplinas atléticas de carrera podrían utilizarse los “indicadores de talento” expuestos en la tabla 5.

El entrenamiento infantil y juvenil se puede dividir en tres segmentos, concretamente entrenamiento de base (de principiantes), de profundización (deportistas más expertos) y entrenamiento de conexión.

El *entrenamiento de base* está sometido a los objetivos siguientes:

- Formación básica multilateral enfocada hacia la modalidad deportiva.
- Empleo de métodos y contenidos de entrenamiento multilaterales, de formación general.

Etapa 1	Etapa 2
<p align="center">Entrenamiento de base y primera fase del entrenamiento de profundización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gusto por la carrera, fuerte pulsión por el movimiento, buena movilidad • Predisposición motora a la velocidad superior al promedio (velocidad de reacción, de esprint, movilización de la frecuencia de paso en condiciones de fatiga) • Buena predisposición a la resistencia en el juego o con otras cargas continuas hasta 30 minutos y por encima de este plazo (resistencia a la fatiga, capacidad de aguante, recuperación rápida) • Cuadro de movimientos bueno (movimiento global útil, relación óptima entre frecuencia y longitud de paso, la huella del pie toca el centro de gravedad del cuerpo) • Buena utilización de técnicas de otras modalidades 	<p align="center">Segunda fase del entrenamiento de profundización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de rendimiento superior al promedio en el ámbito de la velocidad de movimientos (capacidad de esprint, cambio de ritmo, capacidad de salida) • Buena predisposición a la resistencia (rendimiento continuo estable, recuperación rápida) • Buen nivel de rendimiento en un espectro de distancias • Capacidad para sentir el ritmo, evaluación y regulación del propio rendimiento • Estado de salud estable, destacando la capacidad de asumir carga del aparato de sustentación y locomotor • Comportamiento ofensivo en competición, capacidad de movilización máxima (frecuencia de movimiento, sensación táctica, capacidad de imponerse = tipología competitiva)

Tabla 5. Indicadores para el reconocimiento de talentos en el ámbito de la carrera de atletismo (según Reiss y cols., 1993, 14)

- Adquisición de destrezas técnicas básicas y disposición a ampliar la base de movimientos.
- Aumento del volumen y de la intensidad teniendo en cuenta la capacidad psicofísica de asumir cargas.

El *entrenamiento de profundización* tiene los siguientes objetivos:

- Progreso y ampliación de los fundamentos adquiridos en el entrenamiento de principiantes.
- Orientación más marcada hacia las exigencias específicas de la modalidad elegida.
- Especificidad creciente de los métodos y contenidos de entrenamiento utilizados.
- Crear las condiciones para la transición al entrenamiento de alto rendimiento.

En general el entrenamiento infantil y juvenil da prioridad a las fases de entrenamiento frente a las “fases de competición” (cf. Reiss y cols., 1993, 14)

Se debe aprovechar las competiciones que surgen “del propio entrenamiento”, sin buscar una preparación prolongada y específica de la competición.

Tipo de modalidad	Componente técnico marcado (gimnasia)	Componente de fuerza rápida, velocidad, marcado (carrera de corta distancia, salto)	Componente de resistencia marcado (remo)	Natación
Edad de inicio del entrenamiento de principiantes	Entre 5 y 7 años	Entre 8 y 10 años	Entre 10 y 12 años	A los 6 años aprox.
Edad de inicio del entrenamiento avanzado	Hacia los 10 años	A los 13/14 años aprox.	Hacia los 14 años	Hacia los 9 años
Edad de inicio del entrenamiento de alto rendimiento	Entre 13-15 años (chicas) y 18-20 (chicos)	Hacia los 18 años	Hacia los 18 años	Hacia los 14 años

Tabla 6. El inicio del entrenamiento de principiantes, avanzado y de alto rendimiento en los diferentes tipos de modalidad

Las etapas del entrenamiento de principiantes y del entrenamiento avanzado deben mantener una relación con la *edad del rendimiento máximo*, de forma que la mejora progresiva del rendimiento alcance su punto álgido en el momento típico de rendimiento máximo en cada modalidad.

De este planteamiento se deduce, según Harre (1976, 22) una distribución de edades para las diferentes modalidades (tabla 6).

Entrenamiento de conexión

Las etapas de paso del entrenamiento infantil y juvenil al de alto rendimiento se denominan *entrenamiento de conexión*. Este período suele prolongarse entre 2 y 4 años (en algunas modalidades de resistencia incluso más).

En general ésta es la etapa de preparación más dinámica en el desarrollo del rendimiento en su conjunto. Aquí se toman, según Reiss y cols. (1993, 15), las decisiones básicas para una configuración acertada del trabajo de alto rendimiento y para la futura trayectoria en el deporte de rendimiento.

En el entrenamiento de conexión se deberían tener en cuenta, según Reiss y cols. (1993, 16), los siguientes criterios metodológicos básicos (de las indicaciones expuestas para las disciplinas atléticas de carrera sólo mencionaremos aquí las exigencias básicas, válidas para todas las modalidades deportivas):

- Nuevo ascenso claro de la capacidad de carga de todo el organismo, aplicando sobre todo formas de entrenamiento generales y semiespecíficas orientadas hacia la modalidad.

- Utilización de la periodización múltiple con macrociclos; éstos repiten una sucesión fija de los puntos básicos del entrenamiento en los momentos anuales de exigencias elevadas e incluyen una pretemporada inmediatamente antes de la competición decisiva.
- Aumento de las cargas específicas de la competición y ampliación del espectro de competiciones.
- Fijación consciente de una dinámica de cargas y recuperaciones pronunciadas.
- Adquisición de primeras experiencias con métodos de entrenamiento específicos, no utilizados hasta el momento (como, p. ej., el trabajo en altura en las modalidades de resistencia o los métodos de entrenamiento especiales en el ámbito de la fuerza y de la velocidad) (v. págs. 240 y 386).
- Aprovechamiento periódico de las posibilidades de evaluación del rendimiento, análisis de la competición y herramientas auxiliares para revisar y analizar la preparación física, técnica y táctica, y para controlar la eficacia del entrenamiento.

Entrenamiento de alto rendimiento

El entrenamiento de alto rendimiento tiene los objetivos siguientes:

- Aproximación al rendimiento máximo individual.
- Aumento máximo posible, óptimo, del volumen y la intensidad del entrenamiento.
- Mayor especificación de métodos y contenidos de entrenamiento.
- Perfeccionamiento, estabilización y disponibilidad variable de la técnica deportiva.
- Mejora o mantenimiento de la capacidad individual de rendimiento máximo durante un período de tiempo lo más largo posible.

7 Entrenamiento y periodización

Clasificación de los ciclos anuales

La división del proceso de entrenamiento a largo plazo, en las etapas de formación básica general, entrenamiento infanto-juvenil y entrenamiento de alto rendimiento, se puede detallar más aún estableciendo ciclos anuales.

Como el deportista no puede estar “en forma” de manera ininterrumpida durante los años que dura su proceso de entrenamiento, el desarrollo, el mantenimiento y la pérdida de la forma deportiva están sometidos a una periodización de ciclos repetidos.

Un ciclo de entrenamiento –que se puede repetir, dependiendo de la modalidad y de la cualificación del deportista, una vez, dos y en casos extremos tres veces al año– se divide en tres períodos:

- El período preparatorio
Objetivos: desarrollo de la forma deportiva.
- El período de competiciones
Objetivos: nuevo desarrollo de la forma deportiva participando en la competición.
- El período de transición
Objetivos: recuperación activa y regeneración del deportista, pérdida de la forma deportiva.

Estas fases del desarrollo de la forma deportiva alcanzan un nivel creciente en el transcurso de los años de entrenamiento y llevan en último término al rendimiento máximo individual deseado.

La distribución en el período preparatorio, período de competiciones y período de transición, con sus correspondientes objetivos, se considera válida, en forma más o menos detallada, para todos los ámbitos: es independiente de la “edad de entrenamiento” o de la cualificación del deportista. No obstante, se observan diferencias claras entre los ámbitos del deporte de elite, el entrenamiento infanto-juvenil y el trabajo a nivel medio en cuanto a la relación volumen-intensidad y en cuanto a la práctica de contenidos de entrenamiento generales y específicos en los distintos períodos.

Período preparatorio

El *período preparatorio* del entrenamiento de principiantes o del ámbito de rendimiento medio se puede dividir en dos fases. En la primera interesa una preparación física general amplia, y en la segunda predominan las herramientas específicas, restringiendo el volumen y aumentando la intensidad. Por el contrario, en el deporte de elite predomina la intensidad de la carga, la carga específica de la competición durante toda el período preparatorio (cf. Tschiene, 1976, 12 s.). La diferencia se explica por el hecho de que el deportista de elite aporta un nivel inicial muy elevado en cuanto a su capacidad de rendimiento psicofísica y técnico-táctica, y una configuración del entrenamiento general o centrada en el volumen no puede desencadenar ya los procesos de adaptación necesarios para mantener el incremento del rendimiento (cf. Vorobiev, cit. en Tschiene, 1976, 16).

En el deporte de elite se prefiere una subdivisión más detallada, en diferentes macrociclos (v. pág. 58) de entre 3 y 6 semanas de duración, pues de esta manera se interiorizan con mayor precisión las regularidades del desarrollo del rendimiento deportivo (cf. Harre, 1979, 104; Starischka, 1988, 33).

Período de competiciones

El *período de competiciones* permite el desarrollo y la estabilización de la forma máxima individual a través de las cargas elevadas que plantean las diferentes competiciones. La cantidad y calidad de las competiciones dependen de la capacidad individual de asumir carga.

Período de transición

El *período de transición*, como fase de pérdida de la forma deportiva, supone un descenso de la intensidad y del volumen del entrenamiento. La “recuperación activa” se consigue con la práctica de modalidades compensatorias, que impiden una caída muy acentuada de los parámetros

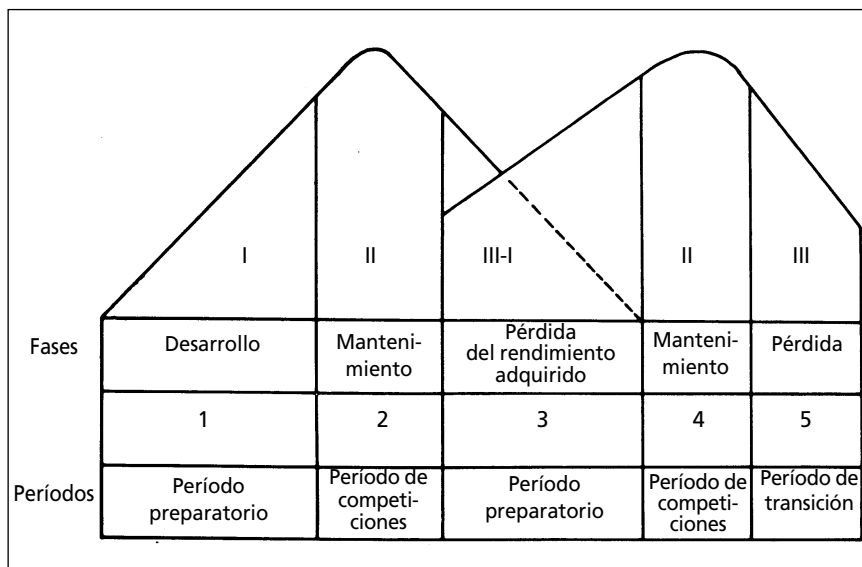


Figura 21. Representación esquemática de la periodización doble.

de rendimiento. Por ejemplo, la práctica de juegos (fútbol, etc.) mantendrá la condición física de los deportistas de resistencia en un nivel compatible con la necesaria recuperación.

El problema de la periodización sencilla y doble

En el deporte de rendimiento actual se distingue entre periodización sencilla y periodización doble. Con la *primera* se trabaja en la dirección de un único punto álgido en la secuencia global, sobre la base de *un solo* período de competición. Por su parte, la periodización doble –tal como se plantea, por ejemplo, en las temporadas de pista cubierta y de aire libre en natación y atletismo– trabaja sobre *dos* puntos culminantes al año y presenta por tanto *dos* períodos de competición. Sin embargo la *periodización doble* no contiene seis períodos de entrenamiento, sino únicamente cinco, pues el período de transición I se solapa con el período preparatorio, tal como se puede ver en la figura 21 (Matveiev, 1972, 71).

Hemos de indicar que la periodización doble, debido al incremento de carga que plantea, sólo resulta factible en atletas de elite: los principiantes y jóvenes efectúan un trabajo de desarrollo, y no deben asumir pérdidas de volumen ni una especialización demasiado precoz de las herramientas de entrenamiento a costa del desarrollo global.

Ventajas de la periodización doble

- En las modalidades de fuerza y velocidad de fuerza rápida, el aumento del rendimiento es más pronunciado (Matveiev, cit. en Harre, 1976, 92).

- Después de un tiempo prolongado sin competir (como ocurre con la periodización sencilla) se pierden los rasgos distintivos típicos de la competición, como la dureza de la competición, del ritmo, etc.; esto es, los descansos muy largos exigen al atleta mucho tiempo de preparación para recuperar la necesaria capacidad competitiva (Hirsch, 1975, 668).
- Los períodos demasiado largos sin competir favorecen la monotonía y crean problemas de motivación.
- El período de competición 1 puede servir como control del rendimiento, ejerciendo así una función complementaria en relación con el período de competición 2.

Inconvenientes de la periodización doble

- El período de competición 1 distorsiona, si la preparación es auténtica, el ritmo de entrenamiento y la tarea planteada para el período preparatorio del período de competición 2.
- Una frecuencia de competiciones excesiva reduce necesariamente las cargas y volúmenes de entrenamiento asumibles para el período preparatorio 1, e incide en muchos casos negativamente sobre la forma máxima en el período de competición 2, el punto álgido propiamente dicho.

Macroциclos y microциclos

Los macroциclos (de varias semanas de duración) y los microциclos (de varios días de duración) son una subdivisión dentro del ciclo del período preparatorio y períodos de competición y transición, y permiten organizar en mejores condiciones el proceso del entrenamiento (fig. 22).

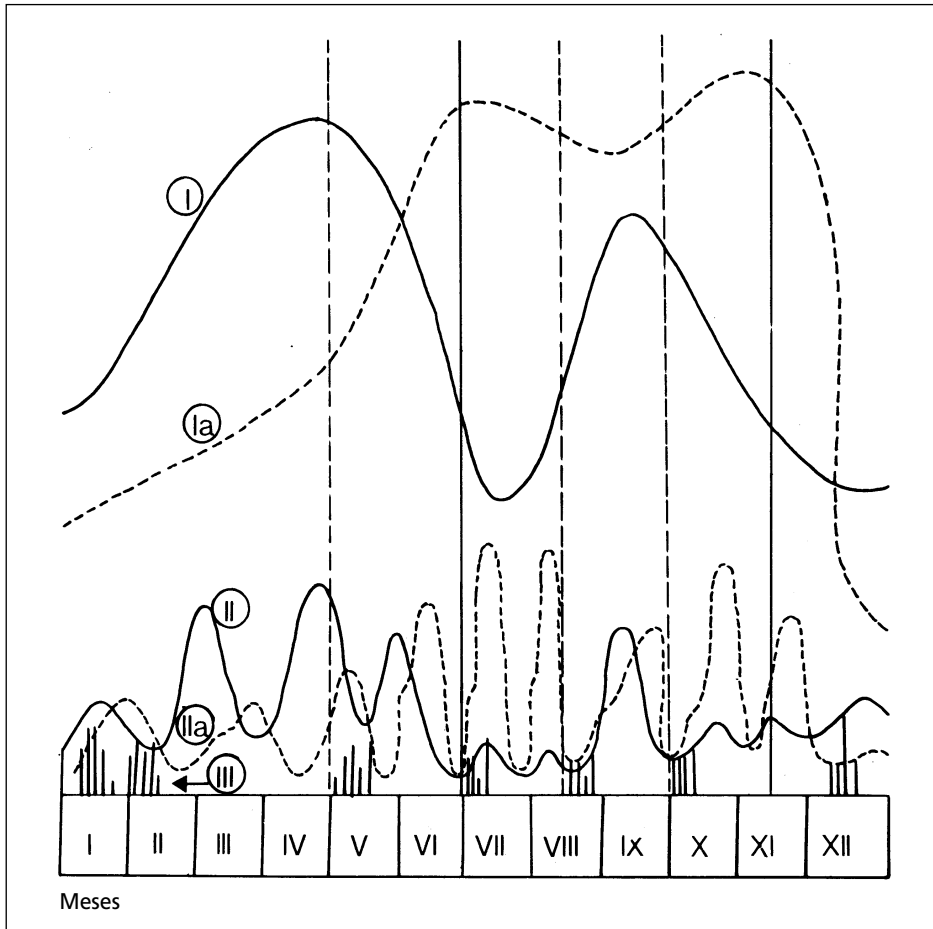


Figura 22. Esquema de la periodización para el entrenamiento de principiantes, de jóvenes y del ámbito de rendimiento medio.

Explicación del diagrama:

Trazo continuo = volumen de carga.

Trazo discontinuo = intensidad de la carga.

I y Ia representan la dinámica del volumen y la intensidad de carga a lo largo de todo el año; II y IIa corresponden al volumen e intensidad del macrociclo, y III (columnas) simboliza los microciclos en las diferentes etapas (de Matveiev, 1972, 95).

Los *macrociclos*, de longitud variable (en pretemporada suelen ocupar entre 4 y 6 semanas, y en el período de competición entre 2 y 4 [Harre 1976, 96]), reflejan la relación entre volumen e intensidad y la alternancia de promedios de carga elevados y reducidos.

Los *microciclos* ocupan una extensión temporal menor, como la planificación y configuración de una semana de entrenamiento (como ocurre con los juegos deportivos). Dada su menor duración, los microciclos se pueden ajustar con mayor precisión a las circunstancias del momento—estado de entrenamiento actual, disposición al trabajo, condiciones climáticas, etc.— y su volumen de carga se puede determinar con mayor detalle.

El microciclo se ha de organizar de modo que las sesiones de entrenamiento especialmente exigentes para las capacidades de velocidad, fuerza rápida, técnica o coordinación se efectúen en los días de capacidad de rendimiento óptima (cf. Harre, 1976, 95).

Tanto el ciclo anual como el macrociclo y el microciclo presentan una variación en forma ondulada de la carga de entrenamiento (cambio de la relación entre volumen e in-

tensidad). No obstante los esquemas de periodización, como deberían reflejar las figuras 23 y 24, se diferencian de forma sustancial en el entrenamiento de principiantes y jóvenes, en el ámbito del rendimiento medio y en el deporte de alto rendimiento. Para el entrenamiento de principiantes y jóvenes es válido el esquema de Matveiev (1972, 95), en el cual el volumen y la intensidad, con un incremento muy progresivo, determinan un transcurso en oleada de gran amplitud. En el entrenamiento de principiantes y juvenil y en el nivel de rendimiento medio se requiere una periodización en ondulación grande, pues el desarrollo de la forma deportiva aún está sometido aquí a las regularidades del proceso de entrenamiento a largo plazo (p. ej., al principio del aumento progresivo del rendimiento), aún se consiguen efectos de entrenamiento suficientes con volúmenes elevados (esto es válido también para el uso de contenidos de entrenamiento generales) y, circunstancia muy importante, se evita una sobrecarga debido a cargas de entrenamiento demasiado intensas.

En la gráfica de la periodización del deportista de alto rendimiento (fig. 23), las ondulaciones, producidas por un cambio de carga marcado y frecuente, adquieren un trazado con amplitudes pequeñas y una altura elevada (referida al porcentaje de capacidad de carga individual). Este resul-

tado es inevitable, pues en el deportista de elite el trabajo muy centrado en el volumen no produciría ya las necesarias reacciones de adaptación.

Otros rasgos típicos de la estructura de entrenamiento del deportista de elite son el predominio de la intensidad de carga en sesiones de entrenamiento relativamente breves y el carácter de la carga, muy específico de la competición (v. Tschiene, 1976, 18).

Periodización en las edades infantil y juvenil

El objetivo de una mejora razonable del rendimiento debería ser que los niños se aproximaran, de una forma prudente y respetando las particularidades de las fases de desarrollo físico y psíquico, a los resultados óptimos en la edad de máximo rendimiento (v. Schmidt, 1974, 148 s.); por tanto, la periodización doble, como ya hemos mencionado, está fuera de lugar en estas edades, pues inevitablemente se plantearían exigencias excesivas para la capaci-

dad de rendimiento corporal, así como conflictos con las exigencias en el ámbito escolar.

Un esquema de este tipo (fig. 24, cf. también Bley, 1977, 398 s.) ofrece una posibilidad de solución adaptada a los niños y a la escuela:

- Se tiene en cuenta las circunstancias escolares debidas a las vacaciones.
- La distribución de competiciones a lo largo de todo el ciclo anual impide que entrenamiento se considere como un fin en sí mismo; éste gana en amenidad y por tanto en eficacia.
- Las competiciones permiten controlar de forma continua la eficacia de los métodos y contenidos aplicados, y por tanto organizar el proceso de entrenamiento en condiciones óptimas.
- Los períodos de entrenamiento relativamente breves garantizan fases suficientes de recuperación y regeneración, circunstancia importante para el organismo en crecimiento del niño o del joven.

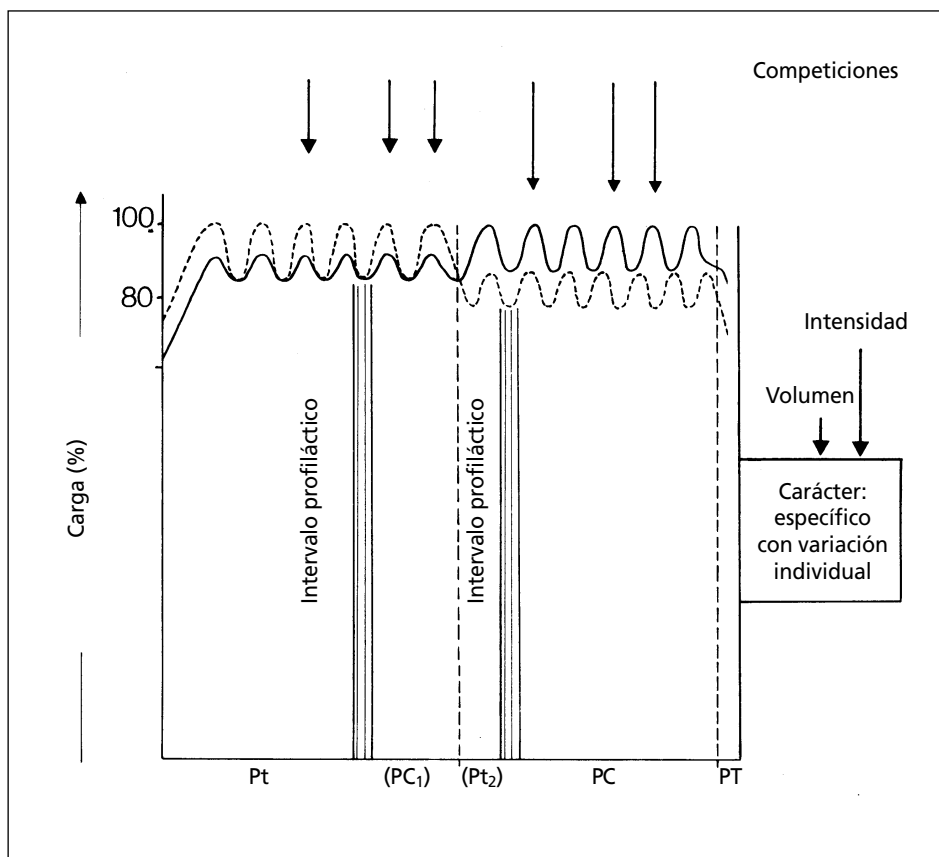


Figura 23. Esquema de periodización para el deportista de alto rendimiento (de Tschiene, 1977, 278).

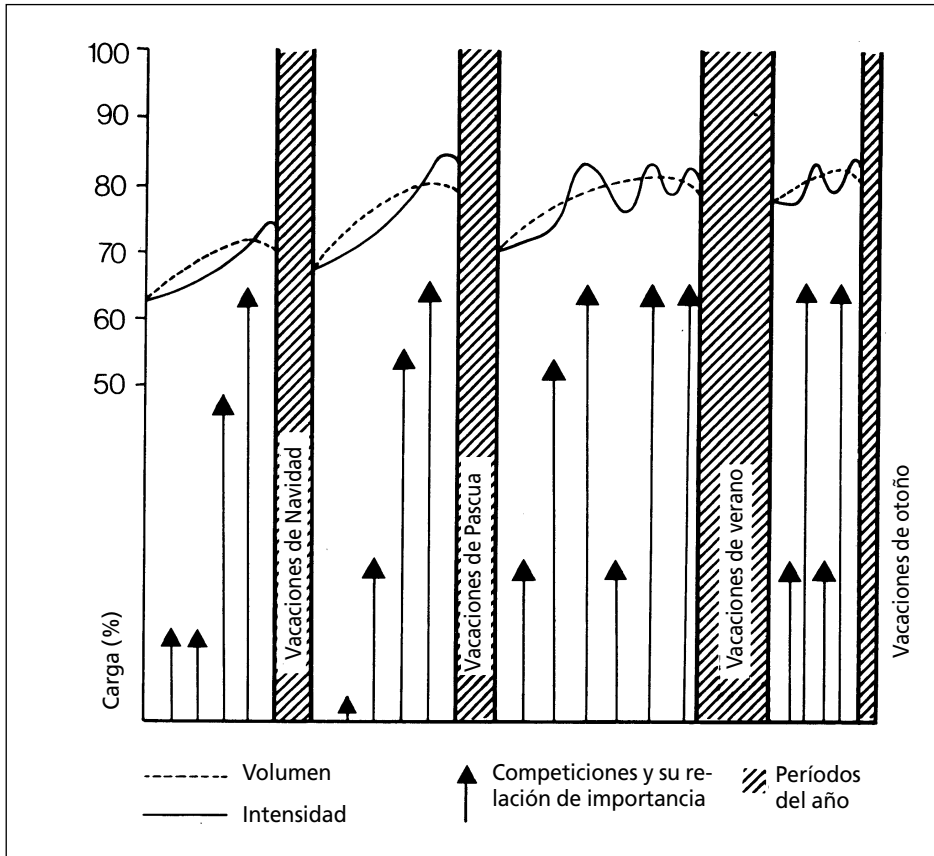


Figura 24. Esquema de periodización del entrenamiento infantil (de Tschienie, 1977, 277).

Finalmente, hemos de insistir en la utilidad de las competiciones como herramienta para relajar el entrenamiento y mantener la motivación, y en la conveniencia de no obs-

taculizar el proceso de entrenamiento a largo plazo con una preparación específica.

8 Importancia de la competición y su planificación para el desarrollo del estado de entrenamiento

Entre los contenidos para el desarrollo del estado de entrenamiento distinguimos, como ya se ha mencionado (v. pág. 20), *ejercicios de desarrollo generales, ejercicios específicos y ejercicios de competición*. El rendimiento máximo personal sólo se consigue cuando todos los tipos de ejercicio mencionados se utilizan *en el momento correcto y con el volumen y la intensidad correctos*.

Las competiciones deportivas interesan desde distintos puntos de vista. Sirven para consolidar sistemáticamente el rendimiento, para desarrollar el estado de entrenamiento del deportista, para poner a prueba el estado de rendimiento, para alcanzar puestos de podio y para controlar la eficacia del entrenamiento (cf. Colectivo de autores, 1982, 113/114; Neumann, 1994, 49).

Competición y consolidación sistemática del rendimiento

Por lo general, las competiciones deportivas no tienen sentido al margen del entrenamiento. Entrenamiento y competición forman una unidad (cf. también Lehmann, 1994, 21; Thiess, 1994, 5, entre otros).

El entrenamiento sirve para “desarrollar el rendimiento”, y la competición, para “desplegar el rendimiento” (cf. Hotz, 1994, 16).

El entrenamiento sin competición pierde valor para el deportista, pues es la preparación destinada a aprobar el examen planteado por la competición (Colectivo de autores, 1982, 113).

La extendida opinión de que el entrenamiento incluye siempre la participación en una competición debe relativizarse a la vista de las experiencias realizadas en los ámbitos del deporte de tiempo libre y terapéutico; en estos ámbitos el entrenamiento resulta posible sin competición ni revisión del rendimiento (cf. Neumann, 1994, 49).

En general, el deportista de rendimiento no entrena por el hecho de entrenar, sino para mejorar su capacidad de rendimiento con un grado de eficacia máximo y para confirmar o invalidar los contenidos practicados en las competiciones, competiciones de control o tests.

Desde los puntos de vista de la metodología, la pedagogía y los contenidos, la capacidad de rendimiento deportivo no sólo necesita para su optimización una METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO, sino también una MEDOTOLOGÍA DE LA COMPETICIÓN, tal como pretende, por ejemplo, Thiess (1994, 5). La literatura especializada reciente se hace eco una y otra vez de esta necesidad (cf. Barth, 1980; Regner, 1991; Reiss/Pfeiffer, 1991; Lehnert, 1994, 10; Thiess, 1994, 5, entre otros).

A la hora de seleccionar las competiciones, hemos de tener en cuenta:

- La *sucesión correcta de las competiciones*, manteniendo fases de recuperación suficientes.
- Un *número suficiente de competiciones*: Matveiev (1972, 165) ha constatado que, por ejemplo, en atletismo, el mejor rendimiento personal se suele conseguir entre la 10ª y la 14ª competición.
- Un *nivel de las competiciones* en consonancia con el estado de preparación del momento: de las competiciones preparatorias hemos de pasar a otras con exigencias cada vez mayores.
- La *forma física* momentánea: ninguna competición en el momento equivocado. Las competiciones sin exigencias específicas no tienen valor, pues la carga psicológica es insuficiente.

En contraposición con el ámbito de los adultos, las competiciones en el deporte infantil y juvenil tienen importancia como hitos intermedios; son competiciones formativas en el camino hacia mayores rendimientos, y sus contenidos y metodología organizativa deben estar relacionados con las tareas planteadas en el entrenamiento.

En el *deporte infantil y juvenil* rigen los siguientes principios (Colectivo de autores, 1982, 113):

- En competición, el joven deportista debe acreditar las capacidades, destrezas y formas de comportamiento adquiridas en el entrenamiento, tanto en el rendimiento complejo de la competición como en los rendimientos parciales.
- El joven deportista debe afirmarse compitiendo en diferentes disciplinas de su modalidad y también en otras modalidades (aspecto de la multilateralidad).
- La sucesión y la frecuencia de las competiciones no están determinadas por una competición principal.
- Las competiciones se han de celebrar a lo largo de todo el año y en todos los períodos de entrenamiento. Tendrán lugar dentro de un grupo de entrenamiento o entre grupos de entrenamiento de similar capacidad de rendimiento.
- Las competiciones deben plantear exigencias crecientes.

Competición como herramienta de entrenamiento eficaz

Las competiciones deportivas sirven en general para desarrollar el estado de entrenamiento. Son, pues, una

herramienta de entrenamiento específica en el sentido de consolidar y estabilizar el rendimiento deportivo.

Las competiciones incluyen elementos de la mejora del rendimiento que sólo se puede entrenar en ellas: cargas físicas y psíquicas extremas, experiencia en competición, estudio táctico del contrario, observación de errores de entrenamiento, etc.

Además, la participación variada y frecuente en competiciones desarrolla la capacidad para adaptarse con rapidez a las más diversas condiciones de competición.

Importante. Si el número o la frecuencia de competiciones sobrepasan un límite, el rendimiento deportivo puede desarrollarse con una planificación insuficiente. Los planes de competición y de entrenamiento necesitan, por tanto, un ajuste mutuo.

Competición como método de control y de evaluación del entrenamiento

Las competiciones son una herramienta adecuada para revisar el estado de rendimiento conseguido y la eficacia del trabajo.

Desde este punto de vista, la competición puede dar prioridad a diferentes tareas:

- Evaluar los requerimientos y capacidades físicas y coordinativas en condiciones de competición.
- Examinar la estabilidad de las destrezas deportivo-técnicas bajo la tensión de la competición.
- Resolver tareas tácticas y técnico-tácticas, como cambios tácticos dentro de un partido (paso del marcaje por zonas al marcaje al hombre, cambio de ritmo, etc.).
- Comparar el nivel del rendimiento deportivo complejo con los rendimientos parciales.

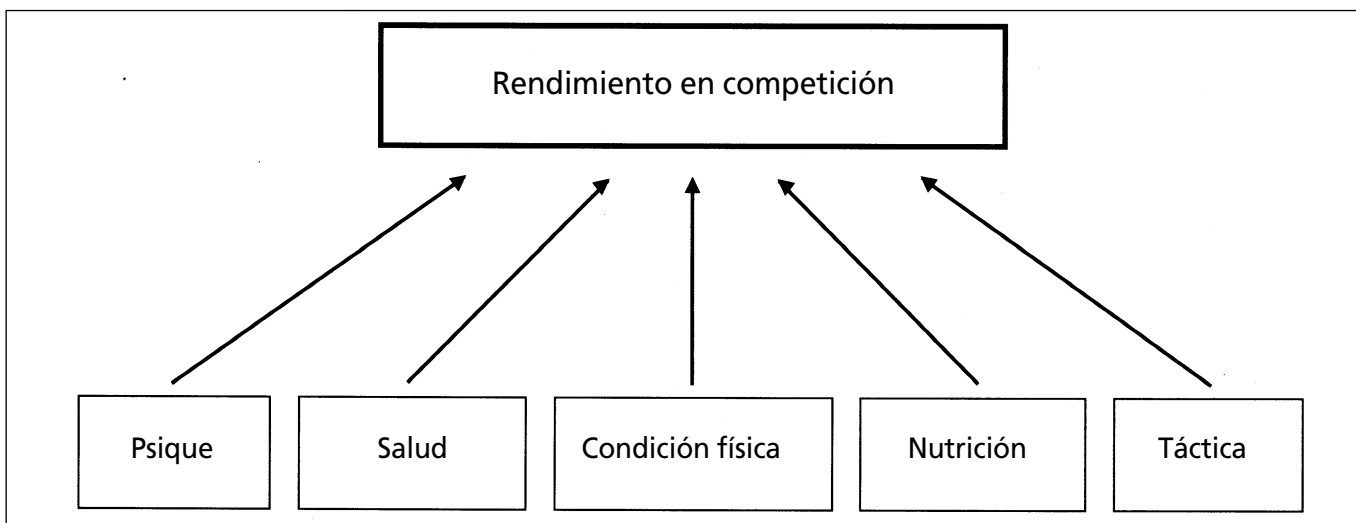


Figura 25. Factores que influyen sobre el rendimiento en competición (Neumann, 1994, 49).

Los resultados obtenidos permiten sacar conclusiones sobre la configuración del trabajo efectuada hasta el momento. Se puede corregir los posibles errores de la planificación, de los criterios metodológicos y del asesoramiento del deportista.

Preparación del deportista para la competición

De forma muy general, la preparación para la competición –con independencia de su carácter a largo plazo o inmediato (v. pág. 66)– se puede definir de la forma siguiente:

Por preparación para la competición entendemos la totalidad de las medidas adecuadas que capacitan al deportista para obtener rendimientos deportivos óptimos en las competiciones (Thiess/Schnabel/Baumann, 1980, 262).

Dado que el rendimiento de competición, como ya hemos mencionado, depende de un amplio número de factores (v. fig. 25), toda competición deberá prepararse como un todo complejo, desde una perspectiva holística.

Para el deportista es muy importante conseguir su rendimiento máximo individual el día de una competición importante. Para ello necesita dominar con precisión los tiempos de los procesos de adaptación en el entrenamiento, lo cual requiere mucha experiencia.

Como muestran los estudios de Lehnert (1994, 10) y Neumann (1994, 49), este objetivo se malogra a menudo por errores de entrenamiento que tienen que ver con el contenido, la metodología y la técnica organizativa. En este contexto predominan dos tendencias: el atleta consigue su punto álgido de rendimiento individual ya al comienzo de la temporada de competición, y su capacidad de rendimiento sufre a continuación un descenso progresivo; o bien presenta un aumento del rendimiento casi continuo, pero el momento de forma resulta precoz (forma máxima entre 4 y 6 semanas antes de la competición decisiva), sufriendo después un caída brusca del rendimiento en el momento de la competición (cf. Lehnert, 1994, 10).

Los errores metodológicos en la preparación de la competición provocan múltiples fracasos del atleta de elite en pruebas de clasificación, lo eliminan antes de calificarse o le impiden rendir suficientemente en la final.

Hemos de indicar que la organización del último segmento de la preparación de competiciones decisivas se considera una etapa de entrenamiento autónoma, cerrada

en sí misma, que constituye por tanto un ciclo de entrenamiento, conocido en inglés como *tapering* y utilizado desde hace tiempo en natación.

En esta etapa final previa a la competición se plantean tareas específicas, exclusivas. Pasamos a describirlas a continuación.

Lehnert (1994, 12) define la *preparación inmediata para la competición* de la forma siguiente:

“Por preparación inmediata para la competición entendemos el último período del entrenamiento, caracterizado por medidas de adaptación específicas, previstas para las condiciones concretas y complejas de la competición decisiva; su objetivo consiste en capacitar al atleta para que transforme sus facultades y capacidades psíquico-morales y psíquicas, sus destrezas técnico-deportivas, sus conocimientos, experiencias y capacidades tácticas, adquiridos en el proceso de entrenamiento a largo plazo, en rendimiento deportivo máximo; deberá hacerlo, además, en un momento determinado con antelación y en condiciones temporales, organizativas y climáticas concretas, en el lugar de competición.”

Aquí hemos de tener en cuenta las múltiples tareas psíquico-pedagógicas, metodológicas, deportivo-médicas, organizativas y técnico-materiales que plantea la preparación inmediata de la competición.

El contenido, el volumen y la duración de dicha preparación dependen, según Lehnert (1994, 12), de los siguientes factores:

- Importancia o carácter de la competición.

Los Juegos Olímpicos, los Campeonatos mundiales y regionales y los trofeos de dotación presupuestaria importante necesitan una preparación más prolongada que los campeonatos provinciales.

- Situación geográfica del lugar de competición.

“Las competiciones que se celebran en condiciones inusuales y exigen adaptarse a un nuevo ritmo de vida diurna y nocturna, a factores climáticos como la temperatura, humedad del aire, presión atmosférica (clima de alturas), ... necesitan una preparación más larga que las competiciones en un entorno habitual.”

- Ubicación de la preparación específica para la competición dentro del año de competición.

“Si este período de preparación se encuentra al final de una temporada intensa de competición, la configuración de los contenidos deberá tener un carácter más general y básico que la preparación inmediata efectuada al inicio de la temporada. De aquí se puede deducir también una mayor duración.”

- Volumen y nivel de la experiencia del atleta en competición.

“Los deportistas con experiencia en competición y que han viajado mucho se adaptan con mayor rapidez y menos complicaciones que los principiantes a las condiciones inhabituales, que en estos casos son ya casi habituales.”

La práctica deportiva ha demostrado, según Lehnert (1994, 12), la eficacia de una preparación inmediata de la competición de entre 5 y 7 semanas de duración.

Esta etapa de preparación inmediata debe resolver, según Lehnert (1994, 12), las siguientes *tareas metodológicas*:

- **Tareas de condición física**
Alcanzar o estabilizar (dependiendo de la ubicación de este período dentro de la temporada de competición) un nivel físico óptimo para aplicar con eficacia la técnica y la táctica, y para dominar unas exigencias globales elevadas en el transcurso de la competición.
- **Preparación técnica**
Perfeccionar la técnica deportiva propia, corregir carencias técnicas menores, estabilizar la dinámica de los ejercicios de competición, adaptar su ejecución técnica a las condiciones de competición concretas.
- **Preparación táctica**
Trabajar en detalle y estabilizar el propio esquema de participación en la competición, teniendo en cuenta las condiciones específicas del lugar físico de competición, e investigar el comportamiento táctico del rival deportivo inmediato.
- **Asentamiento del rendimiento deportivo complejo**
Al inicio de la preparación para la competición, las tareas físicas, técnicas y tácticas se pueden todavía resolver de forma individual y aislada; sin embargo, al acercarse el plazo de la competición, el rendimiento deportivo complejo tiene que asentarse y estabilizarse en su totalidad (salvo unas pocas excepciones), y, de ser posible, también en las condiciones esperadas.

La preparación psíquica de los atletas ante la competición inminente tiene igual importancia que el entrenamiento y presenta una estrecha imbricación con éste. El entrenador y el preparador se enfrentan a las siguientes tareas:

- Formar un equipo unitario y cerrado y crear una atmósfera global que favorezca el rendimiento.
- Motivar y movilizar sobre todo los impulsos emocionales para conseguir un buen resultado en la competición.
- Consolidar la confianza en la propia capacidad de rendimiento y en la eficacia del esquema propio planteado para la competición.
- Anticipar algunas particularidades de la contienda psíquica que planteará el rival deportivo inmediato.
- Anticipar algunas particularidades de la atmósfera general antes y durante la competición (comportamiento de los espectadores, de los medios de comunicación, de los árbitros y jueces)."

Para lograr el rendimiento máximo individual en el día "X", es fundamental elegir y ordenar correctamente los contenidos de entrenamiento y establecer una dinámica adecuada de la carga de entrenamiento (v. fig. 26).

El carácter de los estímulos de entrenamiento aplicados sobre el organismo del deportista por los diferentes componentes de carga determina la duración de este período de transformación.

Se admite que:

- Los componentes de carga que actúan de forma general y extensa sobre el organismo del deportista necesitan un período de aplicación mayor.
- Los componentes de carga específicos del rendimiento deportivo se transforman con mayor rapidez en una mayor capacidad de rendimiento.

El rendimiento máximo en un momento determinado exige, según Lehmann (1994, 12), "una distribución correcta del tiempo y de los contenidos y una jerarquización de los elementos esenciales del entrenamiento. Una carga máxima eficaz se consigue dando prioridad sucesivamente a los complejos esenciales del entrenamiento en correspondencia con el carácter de los componentes del entrenamiento y de la carga".

Según los resultados de los estudios de Lehnert (1994, 12), los picos de carga de cada uno de los componentes se ubican de la siguiente forma:

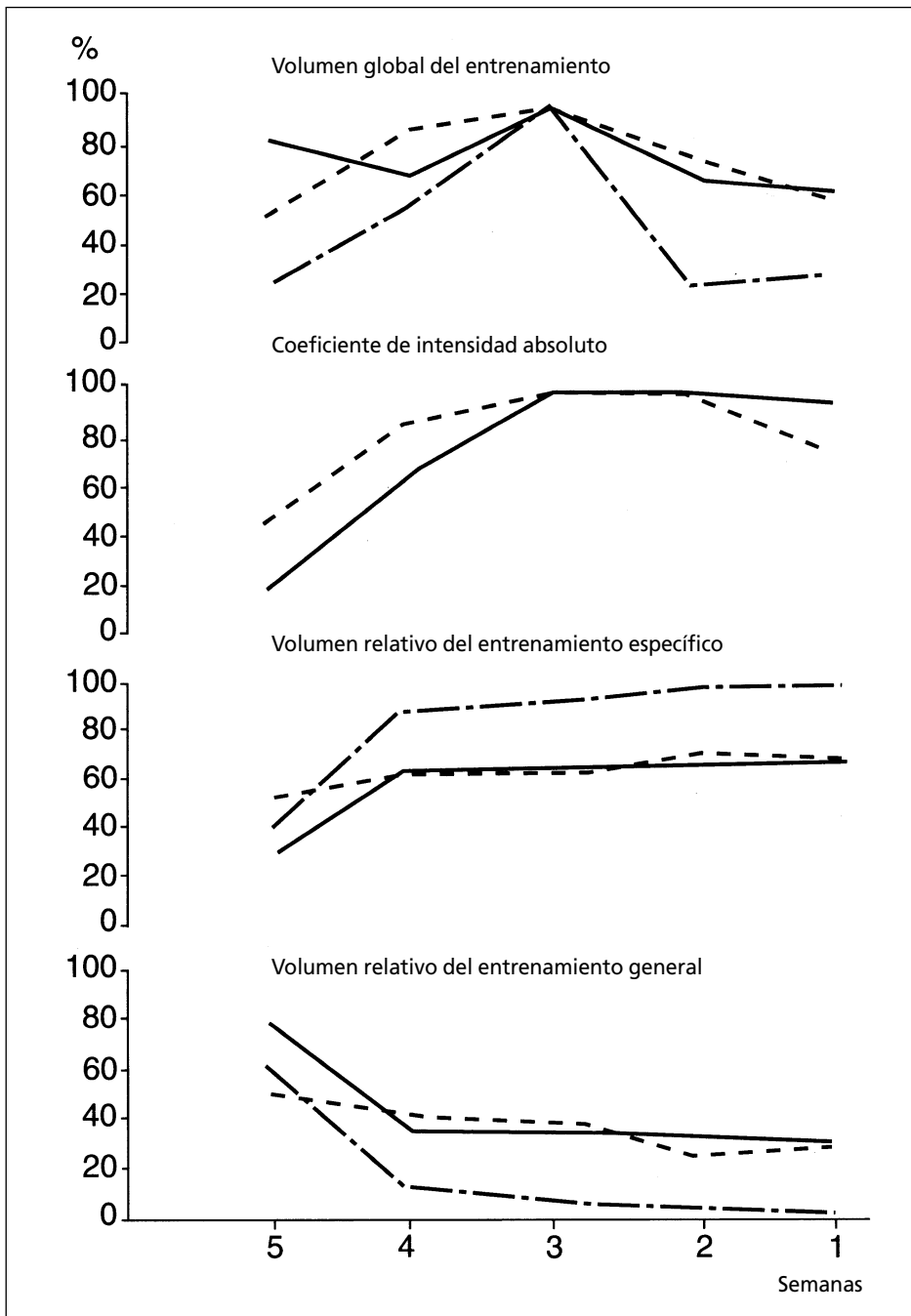


Figura 26. Evolución de los diferentes componentes de la carga durante la preparación inmediata de la competición en atletismo (trazo discontinuo), en natación (trazo continuo) y en tiro (trazo discontinuo desigual) (según Lehnert, 1994, 13).

- herramientas de entrenamiento generales, de 5 a 4 semanas antes del inicio de la competición,
- volumen de entrenamiento, de 4 a 3 semanas,
- herramientas de entrenamiento específicas, de 3 a 2 semanas, y
- intensidad de entrenamiento, de 2 a 1 semana.

El máximo de carga se sitúa entre la tercera y la segunda semana antes de la competición (v. fig. 26).

De esta manera se consigue, con diferentes herramientas y con su coincidencia temporal o “sumación”, una carga de entrenamiento elevada durante un período de entre

2 y 4 semanas y un rendimiento máximo en un momento que coincide, si la planificación ha sido la correcta, con la competición decisiva.

Para el caso de una preparación de la competición inmediata durante varias semanas, Lehnert (1994, 13) propone la siguiente estructura global.

Fase de recuperación: una semana de duración aprox.

Recuperación breve activa, sobre todo psíquica, especialmente si la preparación para la competición se ubica al final de una temporada de competición intensa.

Herramientas: generales de entrenamiento, deporte compensatorio, medidas fisioterapéuticas.

Carga media: volumen de entrenamiento medio, intensidad escasa.

Fase de consolidación: entre 2 y 3 semanas de duración aprox.

Resolución de tareas aisladas, predominantemente físicas, técnicas y tácticas.

Herramientas: ejercicios específicos físicos, técnicos y tácticos.

Carga: volúmenes de entrenamiento elevados con intensidad media.

Fase de asentamiento del rendimiento: entre 2 y 3 semanas de duración aprox.

Asentamiento del rendimiento deportivo complejo, al principio en las condiciones de competición habituales (domésticas) y posteriormente en las condiciones específicas.

Herramientas: sobre todo ejercicios de competición y ejercicios generales como compensación.

Carga: intensidad de los ejercicios de competición próxima a la de competición, carga escasa o media de los ejercicios compensatorios (Lehnert, 1994, 13).

Durante la preparación inmediata de la competición principal, las competiciones preparatorias son un instrumento importante para desarrollar la forma máxima individual. Lehnert describe este proceso (1994, 13) de la manera siguiente:

“Las competiciones en el período de preparación para la competición principal inmediata son, dependiendo de la estructura del rendimiento deportivo en cada modalidad y disciplina, una herramienta importante de la preparación, indispensable para solucionar las más variadas tareas planteadas por el entrenamiento. Su propósito es controlar y revisar el nivel de algunos factores relevantes para el rendimiento; sirven para estabilizar la técnica y el esquema táctico que se aplicará en la competición, y para asentar el rendimiento complejo de competición y la adaptación al ritmo de competición previsto. Estas pruebas son parte esencial del entrenamiento y se las debe configurar a partir de éste.

Las competiciones con un objetivo de rendimiento alto en esta etapa –acreditación tardía de la marca de calificación, competiciones de prestigio y otras– suelen tener un efecto negativo a la hora de obtener los rendimientos máximos para la competición decisiva. Suponen un trastorno para la actitud mental y para la movilización con vistas al punto álgido, y también para la regularidad en la planificación del entrenamiento. Suelen ir asociadas a car-

gas añadidas de tipo organizativo. En la preparación inmediata de la competición se debería renunciar a este tipo de pruebas.”

Finalmente, para conducir al deportista al éxito en la competición, y en consecuencia para estimularle y motivarle con vistas la reanudación del entrenamiento, se debería tener en cuenta algunos *principios básicos* (cf. Harre, 1976, 266 s.):

- Transmitir una actitud de competición positiva.
- Elaborar tempranamente un esquema táctico, que incluya puntos fuertes y débiles tanto propios como del contrario.
- Crear situaciones en el entrenamiento que preparen al deportista para las particularidades de la competición inminente.
- Comentar a su debido tiempo las características de las instalaciones donde se va a celebrar la competición.
- Prepararse a largo plazo para las posibles condiciones meteorológicas inhabituales, entrenándose también con clima desfavorable (temperaturas exteriores extremas, humedad, viento de espalda o de frente, etc.).
- Informar sobre las normas de competición vigentes, teniendo en cuenta las posibilidades de interpretación subjetiva por parte de árbitros y jueces.
- Prepararse para la competición no sólo en el plano físico, sino también en el psíquico.

La inmersión del deportista en la competición tiene que enfocarse desde el punto de vista no sólo físico, sino también psíquico.

Se puede distinguir entre una preparación psíquica a largo plazo y otra inmediata, a corto plazo. Con la primera se desarrollan y estabilizan actitudes relevantes para el rendimiento y cualidades psíquicas propias del entrenamiento y de la competición.

La *preparación a corto plazo* sirve para crear una disposición óptima, esto es, un estado óptimo previo al arranque de la competición.

Por *estado previo al inicio de la competición* entendemos el estado psíquico global del deportista inmediatamente antes de la competición (Thiess/Schnabel/Baumann, 1980, 254).

Podemos diferenciar, según Puni (1961, 166 s.), tres formas del estado previo al inicio de la competición, con diferentes tipos de reacciones fisiológicas y psíquicas del

	Disposición para competir	Miedo al inicio de la competición	Apatía ante el inicio de la competición (inhibida)
Indicadores antes de la competición	Todos los procesos fisiológicos discurren con normalidad	Excitación que irradia con fuerza, alteraciones vegetativas marcadas (entre otras, notable aceleración del pulso, sudoración intensa, necesidad de orinar, temblor de las extremidades, sensación de debilidad en las extremidades inferiores)	Movimientos pesados, completamente inhibidos, bostezos
Indicadores fisiológicos y psicológicos	Ligera excitación e impaciencia ante la competición, estado anímico alegre, capacidad de concentración óptima, apariencia de autocontrol, chispazos de fuerza	Nerviosismo marcado, acciones incontroladas, descuidos de memoria, dispersión mental, apariencia insegura, prisas, ajeteo injustificado	Laxitud, inercia, apatía, miedos, estado anímico bajo, deseo de abandonar la competición, fatiga, "cabreo", incapacidad de preparar el arranque con concentración
Actuación en la competición	Planteamiento de la lucha muy organizado, de acuerdo con el plan táctico, orientación clara, se domina la situación de lucha, todas las fuerzas disponibles se emplean en el momento tácticamente correcto; se consigue o se mejora el resultado esperado en la competición	La actividad del deportista está alterada, parcialmente desorganizada, lucha "sin cabeza", abandona su línea táctica, pierde la sensación de ritmo; no se dominan las secuencias motoras, se acumulan los errores si las exigencias motoras tácticas son elevadas, contracturas musculares intensas	No se lucha con la energía suficiente para tomar la iniciativa; el deportista es incapaz de movilizar las fuerzas disponibles, "no corre"; no queda agotado tras la competición, pues todas las acciones estuvieron en un nivel bajo

Tabla 7. Descripción de las tres variantes principales del estado previo al arranque de la competición (Colectivo de autores, 1982, 116, según Puni, 1961, 166 s.)

deportista: los estados de disposición para competir, de miedo y de apatía. La tabla 7 nos ofrece un resumen.

Como se puede ver en la figura 27, el estado previo óptimo se produce con una relación óptima entre las dos hormonas del estrés: la noradrenalina, que suele expresar la tensión física, y la adrenalina, que suele reflejar el estrés psíquico.

Para evitar una relación desfavorable de las hormonas del estrés en el sentido anteriormente descrito, intentaremos obtener en el entrenamiento relaciones hormonales

Para el rendimiento de competición se considera óptima una relación noradrenalina-adrenalina entre 6:1 y 3:1; para el rendimiento de entrenamiento se consideran idóneos los valores entre 4:1 y 7:1. Una relación inferior a 2:1 conlleva el fracaso en la competición, pues la tensión interna es demasiado elevada (cf. Jonath, 1987, 138).

comparables, similares a las de la competición. Sólo así mantendremos en la competición la calidad de los movimientos aprendidos y automatizados en el entrenamiento, sin acumular errores técnico-tácticos debidos a "condiciones hormonales" inhabituales (cf. también Zimmermann/Schänzer/Donike, 1983, 277; Zimmermann/Donike/Schänzer, 1985, 377; Papageorgiou/Lein, 1993, 88). Unas herramientas metodológicas adecuadas pueden influir decisivamente sobre el miedo y la apatía. Como posibilidades mencionaremos un calentamiento adecuado a cada una de las dos categorías (tanto el exceso como la falta de motivación) y la adopción de una actitud positiva frente a la competición.

Ejemplo de un calentamiento correcto, que sirva para regular la situación psíquica: Si el deportista se encuentra demasiado excitado, sus niveles de adrenalina aumentan como expresión de una activación psíquica excesiva, y por ello el cociente noradrenalina-adrenalina queda por

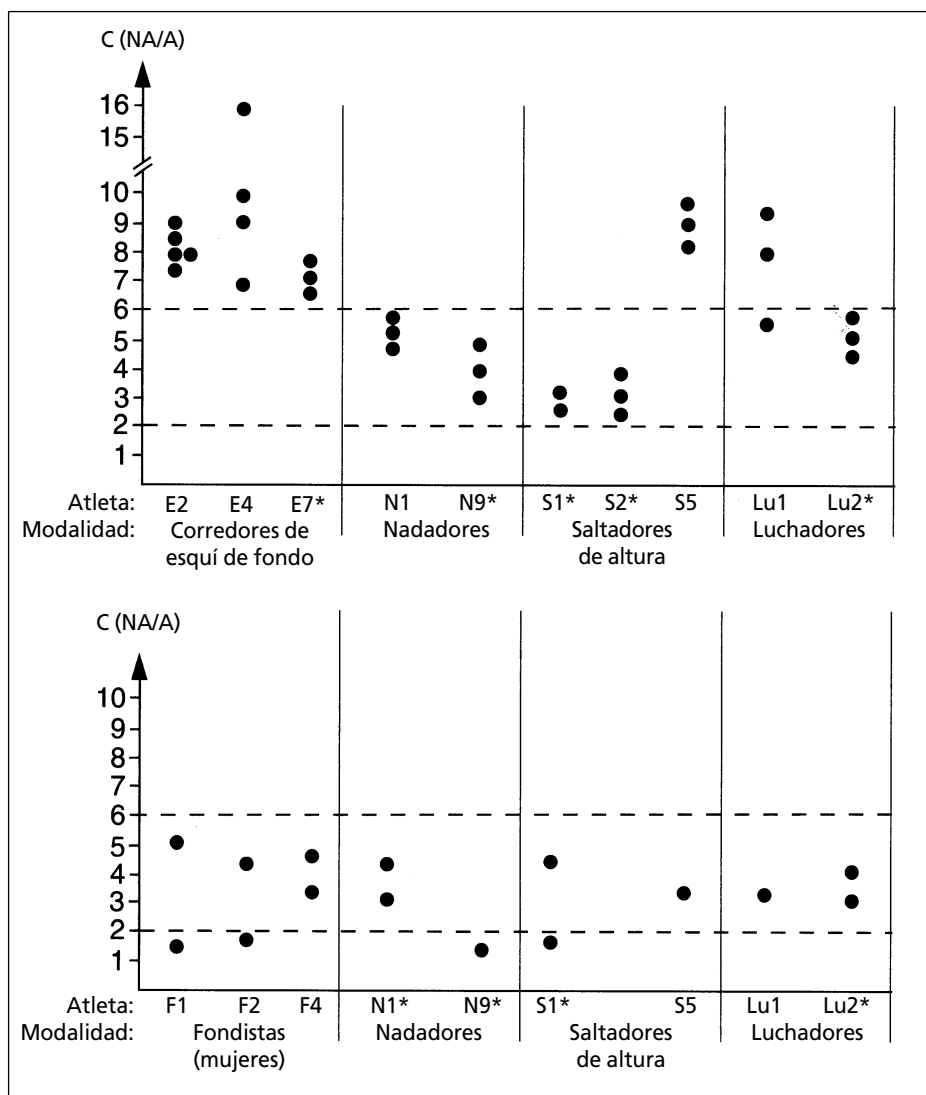


Figura 27. El cociente noradrenalina-adrenalina para determinar el nivel de activación psíquica de los deportistas en las competiciones (de Zimmermann, 1987).

debajo de lo que sería deseable. Para optimizar este cociente se recomienda una carrera de calentamiento prolongada y tranquila, que incrementa el nivel de noradrenalina como expresión de un estrés físico y eleva dicho cociente hasta valores adecuados para la competición (entre 6:1 y 3:1).

Por el contrario, si el deportista se encuentra “apático”, el procedimiento correcto para conseguir un cociente de competición favorable será un calentamiento “estimulante”, intenso y breve, que aporte una mayor agresividad.

La medida correcta en cada caso se averiguará mediante el diagnóstico del rendimiento, esto es, con los correspondientes análisis hormonales, aunque con algo de experiencia el atleta la podrá evaluar por sí mismo, de forma subjetiva y aproximada.

La actitud positiva ante la competición requiere un influjo educativo sobre el deportista, a largo plazo y selectivo, y se refiere sobre todo a:

- La educación del atleta para conseguir un nivel de autonomía.
- El planteamiento de factores de motivación.
- La convicción del deportista de hallarse en un buen estado de preparación y de ser capaz de resistir ante cualquier contrario.
- La capacidad del deportista para valorarse correctamente a sí mismo y al contrario, sin caer en la arrogancia ni en el miedo excesivo (cf. Colectivo de autores, 1982, 116).

Antes de empezar la competición hemos de delimitar un tiempo suficiente para preparar el inicio de la misma. El trabajo de calentamiento de los deportistas con miedo intenso, como ya hemos mencionado, se ha de efectuar de forma más tranquila que el del “atleta normal” y el de los deportistas apáticos, de forma más intensa (cf. también Martens y cols., 1990).

Existe un estado de excitación óptimo para cada deportista. Dicho estado se ha de buscar de forma individual, dependiendo de la estructura de la personalidad (seguro/inseguro de sí mismo; muy motivado/apático; seguro de la victoria/temeroso, etc.).

La evaluación de la competición

Todo resultado de una competición se debe evaluar entre 1 y 2 días después de ésta, esto es, con una cierta distancia y de la forma menos emocional posible.

Importante: todo análisis de una competición –con independencia del éxito obtenido– tiene que llevar a una actitud óptima ante el entrenamiento.

Los buenos resultados en competición confirman al deportista la validez del entrenamiento efectuado y le motivan para continuar el camino recorrido con éxito.

Los malos resultados piden un análisis minucioso de sus causas.

Sólo quien reconoce sus errores y aprende de ellos consigue, sacando las conclusiones correspondientes, mejorar la capacidad de rendimiento deportivo personal.

En el proceso de entrenamiento a largo plazo se debe capacitar gradualmente al deportista para el análisis autónomo de su rendimiento en competición y para sacar de dicho análisis las conclusiones necesarias.

9 Fundamentos fisiológicos y deportivo-biológicos para la mejora de la capacidad de rendimiento a través del entrenamiento

La capacidad de rendimiento deportivo se manifiesta en la práctica de secuencias motoras específicas de la modalidad. El entrenamiento debe mejorar, con una carga específica, la calidad –aspecto coordinativo– y la cantidad –aspecto energético– de los movimientos deportivos.

La capacidad de rendimiento motor, incluyendo el proceso de aprendizaje motor, se basa en la aptitud funcional de los *sistemas neuromuscular* (coordinación y regulación motoras) y *energético* (aporte, liberación y resíntesis de energía para la realización del trabajo mecánico). Ambos sistemas están estrechamente vinculados entre sí.

Las modalidades en las que predomina la coordinación están estrechamente vinculadas a los sistemas nerviosos centrales que reciben, procesan y almacenan información; las que dan prioridad al aspecto energético (p. ej., todas las modalidades de resistencia) están vinculadas sobre todo a los sistemas de aporte y evacuación de sustrato (v. pág. 144).

Entrenamiento como proceso de adaptación

Desde los puntos de vista de la biología del deporte y de la fisiología del rendimiento –puntos de vista de una importancia fundamental–, el entrenamiento se debe concebir como un efecto de adaptación constante a la carga. Los estímulos de entrenamiento, en tanto que trastornos de la homeostasis (Jakovlev, 1972, 367) (entendiendo por homeostasis el mantenimiento del estado bioquímico del medio interno del organismo), son la causa de las alteraciones (por adaptación) de los sistemas sometidos a desgaste.

La figura 28 muestra el trastorno de la homeostasis provocado por la actividad corporal y el consiguiente intento del organismo de compensarlo y de adaptarse a la carga.

Para la mejora de la capacidad de rendimiento deportivo, los fenómenos de adaptación *específicos* e *inespecíficos* desempeñan un papel importante. Las adaptaciones *específicas* se refieren a sistemas de actuación inmediata, en nuestro caso a los sistemas neuromuscular-coordinativo y energético mecánico; las *inespecíficas* tienen que ver con los mecanismos auxiliares que participan de forma indirecta (p. ej., los sistemas de aporte y distribución antes mencionados).

Los estímulos específicos producen reacciones de adaptación específicas.

Dependiendo del tipo de rendimiento deportivo-motor se consiguen efectos de adaptación característicos en el ámbito de las capacidades neuromusculares (coordinativas) y energéticas (de condición física). Las mejoras del rendimiento coordinativo se desarrollan con mayor rapidez y en momentos más tempranos que las del rendimiento físico.

El hecho tiene importancia sobre todo para el entrenamiento de niños y jóvenes.

Dentro de las capacidades de condición física se encuentran diferentes potenciales de desarrollo. El entrenamiento incrementa la velocidad sólo en un grado relativamente escaso –el adulto no entrenado puede incrementar su velocidad en un 15-20 % aproximadamente–, pero puede potenciar la fuerza y la resistencia en un grado incomparablemente mayor (hasta un 100 %) (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 288; Worobjeva/Worobjev, 1978, 146; Alexe, 1973, 15).

El desarrollo del nivel de adaptación (estado de entrenamiento) se produce con gran rapidez al inicio del entrenamiento, volviéndose después cada vez más lento y difícil (fig. 29).

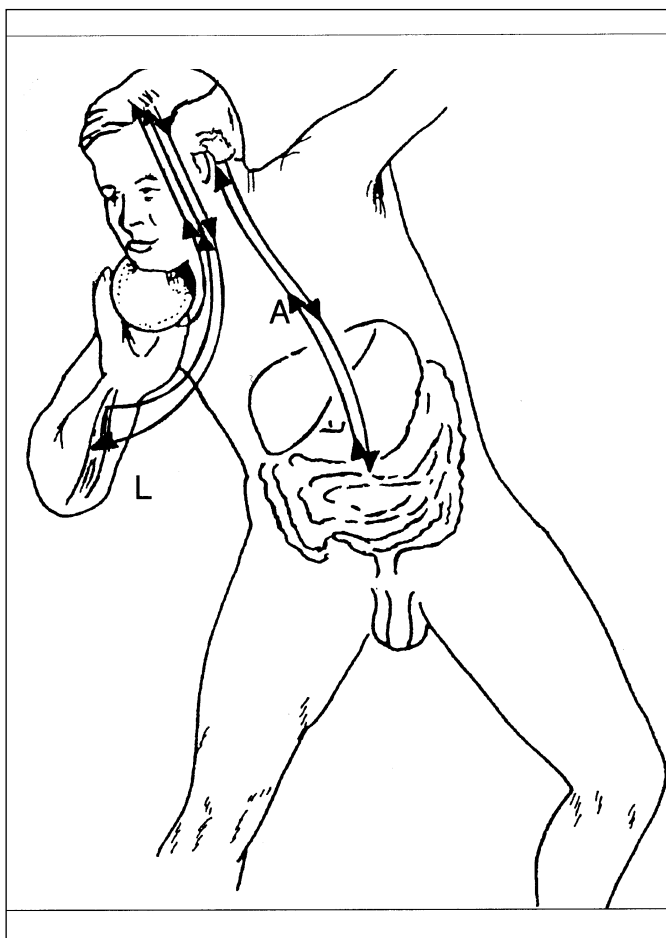


Figura 28. La actividad física provoca un trastorno de la homeostasis en el organismo. Éste se adapta a la carga e intenta encontrar un equilibrio nuevo con ayuda del sistema nervioso y los órganos endocrinos.

A = Sistema nervioso autónomo (vegetativo).

L = Motoneurona (de Ahonen y cols., 1994, 62).

Como causa de este recorrido de la curva se señala el grado de modificación en el trastorno de la homeostasis. Debido a la mejora del estado de entrenamiento, las cargas aplicadas producen trastornos cada vez menores del equilibrio bioquímico y, por tanto, efectos de adaptación cada vez más escasos; esto es, el estado de entrenamiento no modifica la reacción de respuesta del organismo ante un estímulo de entrenamiento dado. Sólo la incorporación de factores adicionales (organización específica de la carga; cambio de medios de entrenamiento, del volumen o la intensidad, etc.) permite nuevos procesos de adaptación. Así pues, las cargas de entrenamiento unilaterales producen un estancamiento rápido del ascenso del rendimiento (v. pág. 531; cf. Worobjeva/Worobjev, 1978, 147).

Para entender el efecto del entrenamiento sobre los sistemas *neuromuscular* y *energético* en capítulos posteriores de este libro, intentaremos exponer los fundamentos anatómo-fisiológicos de ambos sistemas con la máxima brevedad. Nos centraremos primero en el marco estructural y funcional de la célula, más concretamente de la célula muscular, desde el punto de vista del metabolismo celular (muscular), muy importante para la comprensión de los métodos de entrenamiento que posteriormente se detallarán. A continuación expondremos el funcionamiento de la interacción neuromuscular y los mecanismos de regulación motora.

Desde el punto de vista energético, todo estímulo de carga incide primordialmente sobre la célula, en nuestro caso sobre la célula muscular; desde esta perspectiva simplificada, la circulación es sólo un mecanismo auxiliar, que satisface las necesidades del metabolismo celular en el sentido del aporte de oxígeno y de sustrato y de eliminación de productos intermedios y finales del metabolismo.

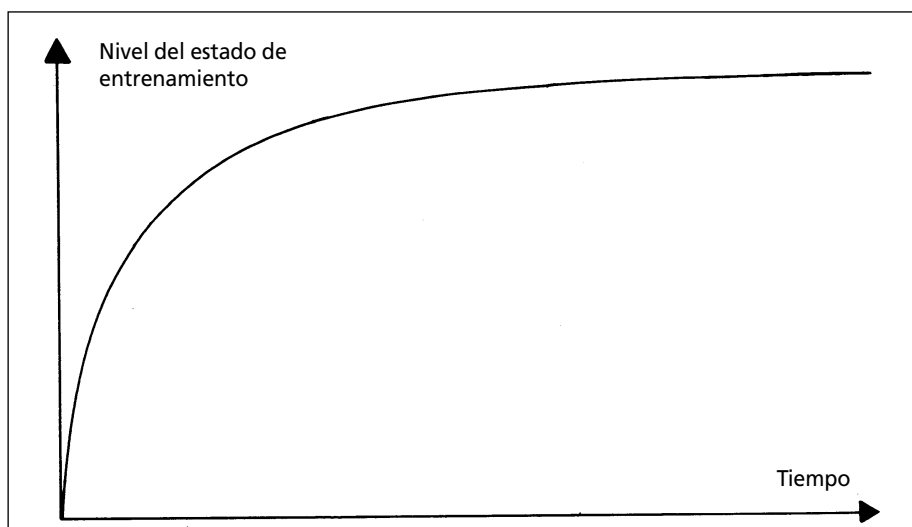


Figura 29. Curva del desarrollo del estado de entrenamiento.

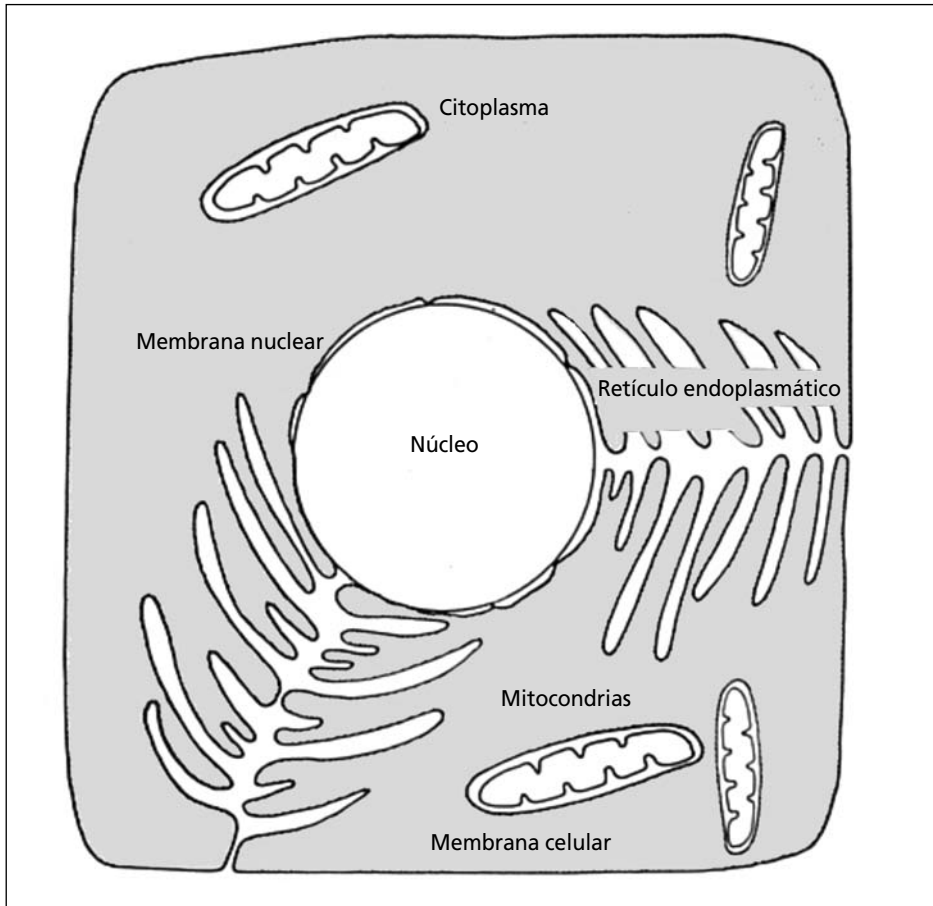


Figura 30. Estructura esquemática y simplificada de una célula.

Fundamentos generales sobre la estructura de una célula (muscular) y funciones de sus componentes subcelulares

Como se puede ver en la figura 30, la célula está recubierta de una *membrana celular* (que corresponde al sarcolema de la fibra muscular). Su permeabilidad selectiva para las sustancias orgánicas y electrolitos y su capacidad para asociarse a otras células caracterizan a la célula como una estructura biológica compleja, altamente especializada. Los procesos vinculados con el transporte activo se localizan en la membrana celular (p. ej., bomba de sodio-potasio en la fase de repolarización de la membrana celular después del descenso de un potencial de acción) (Buddecke, 1971, 389).

El *citoplasma* (que corresponde al sarcoplasma de la célula muscular), un líquido que contiene electrolitos y proteínas, es el lugar donde se obtiene la energía anaeróbica (glucólisis), donde se sintetiza el glucógeno (el glucógeno es la forma de almacenamiento intracelular de la glucosa [azúcar]), donde se degrada el glucógeno y donde se sintetizan los ácidos grasos (más detalles v. pág. 83). En el citoplasma se encuentran también los diferentes acumulado-

res energéticos como, por ejemplo, los gránulos de glucógeno y las vacuolas lipídicas. El retículo endoplasmático (su equivalente en la célula muscular es el retículo sarcoplasmático) se extiende por todo el citoplasma partiendo desde la membrana celular y constituye un sistema de transporte intracelular que presenta, en algunas zonas, unas partículas de forma esférica denominadas *ribosomas*. Una de las funciones del retículo endoplasmático y de los ribosomas es la síntesis de proteínas. En la célula muscular, el retículo sarcoplasmático desempeña un papel importante para la transmisión de la excitación desde la superficie hasta el aparato de fibrillas contráctiles.

El *núcleo de la célula* contiene el material genético y tiene la capacidad de desdoblamiento idéntico (determina, p. ej., el modelo de la síntesis de proteínas). Comparte, pues, con los ribosomas antes mencionados un papel importante en la síntesis de proteínas. Entre todos permiten, a través de la multiplicación de las estructuras proteicas, el aumento de tamaño (hipertrofia) de la célula muscular durante el crecimiento y con el entrenamiento corporal. Finalmente, las *mitochondrias* son las “centrales térmicas” de la célula, pues en ellas tiene lugar la combustión oxidativa del sustrato energético. En ellas se encuentran las en-

zimas del ciclo del ácido cítrico y de la cadena respiratoria (más detalles v. pág. 85). En ellas se produce también la fosforilación y la producción de energía por oxidación.

La célula muscular presenta –como ya hemos indicado– las mismas estructuras subcelulares que la célula corporal antes mencionada, pero por su función específica se distingue en varios aspectos del prototipo de célula corporal representado esquemáticamente en la figura 31.

El músculo esquelético (fig. 31, arriba) se compone de una gran cantidad de fibras musculares. Estas fibras, que pueden tener una longitud de varios centímetros y presentar muchos núcleos marginales, coinciden con la célula muscular. La fibra muscular a su vez se compone de miofibrillas, rodeadas de un sarcoplasma que contiene mitocondrias y otras estructuras subcelulares.

Por su parte, las miofibrillas están formadas de filamentos contráctiles: actina (delgado) y miosina (grueso).

En el estado de no contracción de las fibras musculares, las cabezas de la molécula de miosina sobresalen en vertical de los filamentos (según estudios de radiación sincrotrónica de Holmes [1978, 1]). Estas cabezas se unen a los filamentos de actina ante una señal nerviosa, disocian el combustible ATP (una parte del ATP se encuentra en el sarcoplasma, pero su concentración es especialmente elevada en el ámbito de las líneas Z de la miofibrilla [Jakovlev, 1977, 24]) y se pliegan en una posición de 45°. Al hacerlo tiran de los filamentos de actina. En esta fase se transforma la energía química en trabajo mecánico (acoplamiento electromecánico). Después de este movimiento de remo, las cabezas de la miosina se separan de la actina, vuelven con un movimiento oscilante a su posición de partida y los filamentos de actina descienden suavemente entre los filamentos de miosina. De esta manera se produce el acortamiento muscular visible desde el exterior.

La unidad funcional mínima de la miofibrilla, la sarcómera, se encuentra entre dos líneas Z. Tiene una longitud de 2 μm (1 μm = 1 millonésima parte de un metro) en la contracción se puede acortar hasta la mitad y en el estiramiento se puede prolongar hasta 2,5 μm .

Los diferentes tipos de fibras musculares

Otra particularidad de la célula o de la fibra muscular es la existencia de diferentes tipos de fibras (Nöcker, 1971, 15; Mellerowicz/Meller, 1972, 3; Saltin, 1973, 139; Karlsson, 1975, 358, entre otros).

Simplificando, podemos distinguir dos tipos principales de fibras musculares:

1. La fibra blanca (clara), gruesa y “rápida”, en lo sucesivo mencionada como fibra FT (*fast twitch* = fibra de contracción rápida). Interviene sobre todo en esfuerzos musculares intensos y de fuerza rápida.

2. La fibra roja, delgada y “lenta”, en lo sucesivo mencionada como fibra ST (*slow twitch* = fibra de contracción lenta). Este tipo de fibra se somete a carga con trabajo muscular de menor intensidad.

Para el análisis actual, muy detallado, de los efectos del entrenamiento sobre los diferentes tipos de fibra muscular, esta clasificación sencilla resulta ya insuficiente.

Para evaluar de forma precisa los diferentes efectos del entrenamiento se ha establecido una nueva subdivisión entre los tipos de fibras, particularmente entre las fibras FT, de contracción rápida. Distinguimos por tanto cuatro tipos de fibras musculares del hombre:

1. Las fibras ST ya mencionadas, que se denominan también fibras de tipo I.

Siguen tres tipos diferentes de fibras, o subcategorías de las fibras FT antes mencionadas, denominadas también fibras de tipo II; en concreto:

2. fibras IIb,
3. fibras IIa y
4. fibras IIc, denominadas también fibras intermedias.

Como muestran las figuras 32, 33 y 34, estos tipos de fibras se diferencian no sólo por su morfología, sino también por su funcionalidad. La figura 32 muestra las diferencias básicas morfológicas y funcionales de los diferentes tipos de fibras FT o de tipo II.

Las figuras 33 y 34 muestran que las principales divergencias morfológicas y funcionales antes indicadas se explican por la presencia variable de las llamadas cadenas pesadas y ligeras. Dependiendo de la combinación de cadenas, obtenemos los diferentes tipos de fibras del tipo II.

Como indicaremos en los correspondientes capítulos (v. págs. 136, 223, 359), dependiendo del estímulo de entrenamiento se consigue focalizar el trabajo sobre un tipo determinado de fibra muscular. Utilizando de forma selectiva métodos y contenidos de entrenamiento determinados se puede entrenar de forma muy específica los tipos de fibras musculares relevantes para un determinado rendimiento deportivo. En general no se da la transformación de fibras del tipo II en fibras del tipo I –esto supondría una transformación de las cadenas pesadas–, pero sí considerables desplazamientos dentro del espectro de las fibras del tipo II, lo cual va asociado a un “nuevo equipamiento” y a una combinación específicos de “cadenas ligeras” (cf. Howald, 1982, 2, y 1984, 5; Rapp/Weicker, 1982, 58; Tidov/Wiemann, 1993, 92 s. y 136 s., entre otros.)

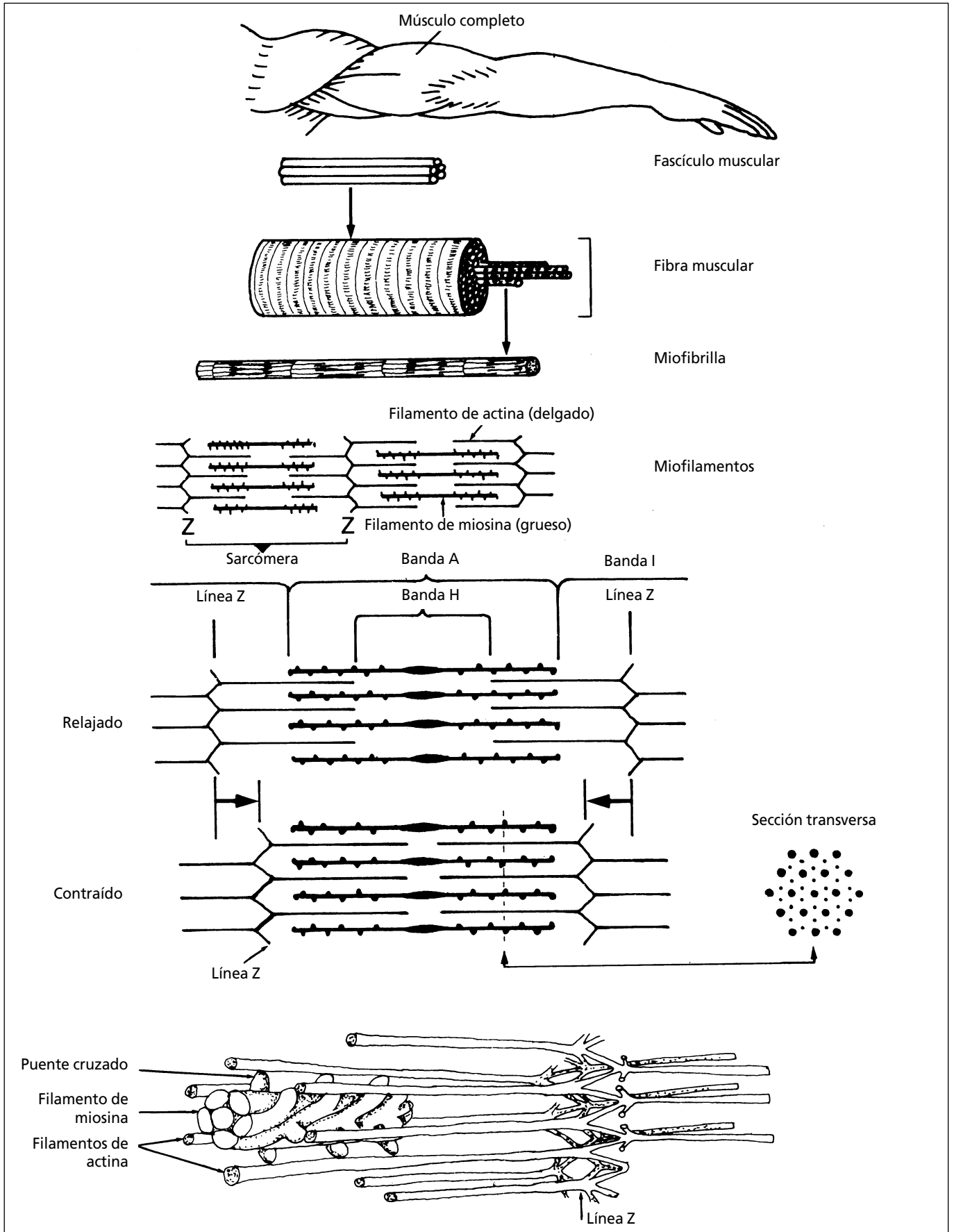
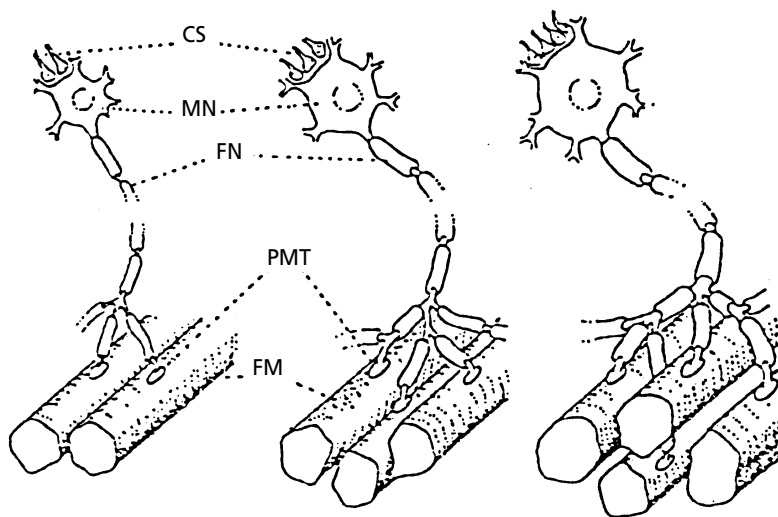
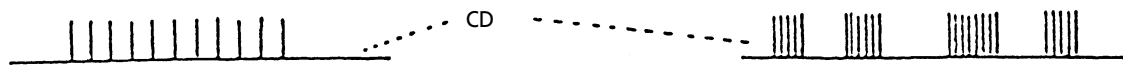


Figura 31. Representación de la estructura del músculo esquelético.



	Tipo I (S)	Tipo IIc/IIa (FR)	Tipo IIb (FF)
Motoneurona, diámetro	30 µm aprox.	entre 40 y 60 µm	hasta 70 µm
Umbral de excitación	bajo	medio	alto
Fibras musculares, diámetro	9 µm aprox.	entre 10 y 15 µm	20 µm aprox.
Velocidad de conducción axonal	30-40 m/s	40-90 m/s	70-120 m/s
Frecuencia de descarga	hasta 30 imp./s, de forma más bien continua	hasta 90 imp./s	hasta 150 imp./s, de forma más bien explosiva
Sección transversal de la fibra muscular	2.000 - 4.000 µm ²	2.000 - 6.000 µm ²	2.000 - 10.000 µm ²
Velocidad de conducción de la fibra muscular (FM)	2,5 m/s aprox.	entre 3 y 5 m/s	5,5 m/s aprox.
Fuerza de la FM, contracción aislada	70 mg	80-90 mg	100 mg
Fuerza de la FM, contracción tetánica	140 mg aprox.	400 mg aprox.	700 mg aprox.
Fatigabilidad	baja	baja	alta
Tiempo de contracción, contracción aislada	100 ms aprox.	50-90 ms	40 ms aprox.
Tiempo de contracción, contracción balística	150 ms aprox.	80-140 ms	60 ms aprox.
Relación de inervación (axón/fibra muscular)	entre 1/10 y 1/500	entre 1/100 y 1/700	hasta 1/1.000
Fuerza/unidad motora	2-13 g	5-50 g	30-130 g

Figura 32. Representación esquemática de diferentes unidades motoras y resumen de parámetros funcionales y morfológicos relevantes (valores promedio aproximados). CD. Características de descarga. PMT. Placa motora terminal. FM. Fibra muscular. MN. Motoneurona. FN. Fibra nerviosa (axón). CS. Contacto sináptico (de Tidow/Wiemann, 1993, 14).

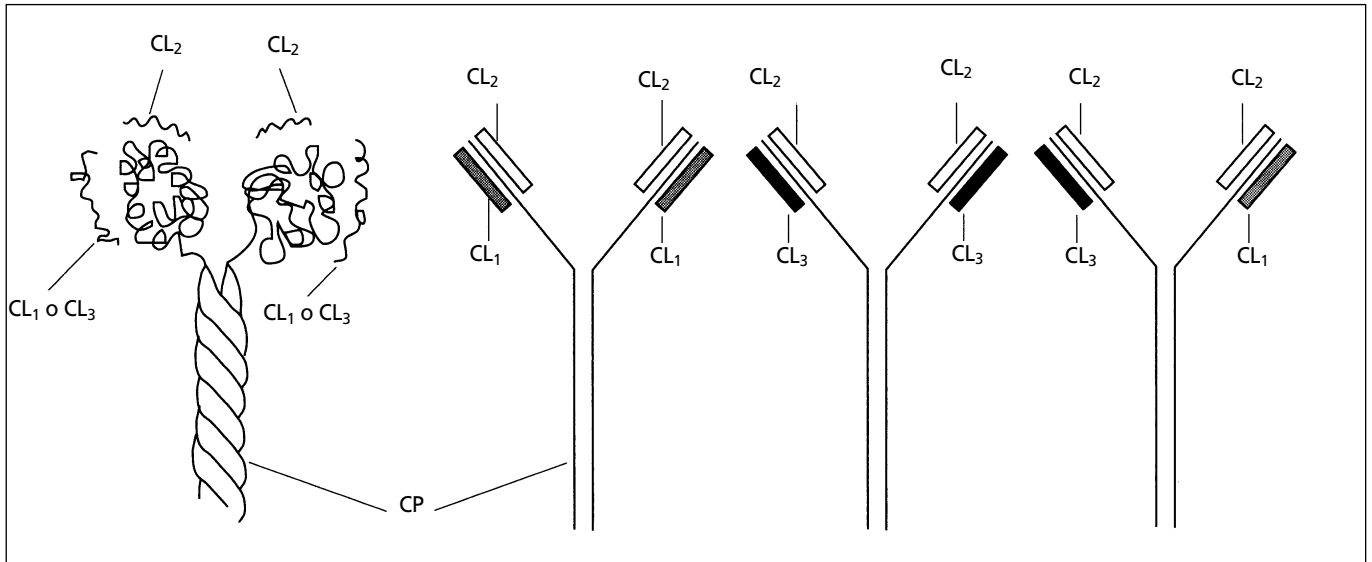


Figura 33. Modelo de la estructura de una molécula de miosina (responsable junto con la actina de los procesos de contracción) (izquierda) y las tres posibilidades de combinación de las cadenas ligeras rápidas (CL₁, CL₂, CL₃, del tipo II = fibras musculares de contracción rápida) en la parte de la cabeza de una molécula rápida del tipo IIb. CP = Cadenas pesadas (constituyen la diferencia básica entre los tipos de fibras I y II) (modificado de Tidow/Wiemann, 1993, 94).

Tipos de fibra	I	⇌	II C	⇌	II A	⇌	II B
Miosina	Fibras lentas (S, s)		Fibras rápidas (F, f)				
Cadenas pesadas (M 200.000)	S		S + F _A		F _A		F _B
Cadenas ligeras (M 14.600 – 23.900)	s ₁ + s ₂ (f ₁) (f ₁ + f ₃) (f ₁ + f ₂ + f ₃)		s ₁ + s ₂ (f ₁ + f ₂ + f ₃)		(f ₁ + f ₂ + f ₃)		(f ₁ + f ₂ + f ₃)

Figura 34. Fibras de tipo I (ST) y tipo II (FT) y presencia en ellas de cadenas pesadas y ligeras (modificado de Howald, 1982, 2). M = peso molecular.

Dependiendo de su trabajo funcional específico, los distintos tipos de fibras presentan también diferencias en el metabolismo. Las *fibras FT* presentan una sorprendente abundancia de fosfatos energéticos y glucógeno y la co-

respondiente reserva de *enzimas de producción energética anaeróbica* (más detalles en pág. 81). Por su parte, las *fibras ST* se distinguen por su abundancia en glucógeno y sobre todo por su abundancia en *enzimas del metabolismo*

aeróbico (v. pág. 82); en las fibras ST la relación entre el citoplasma y las mitocondrias se desplaza a favor de las mitocondrias, y por ello encontramos en ellas actividades más intensas de las enzimas del ciclo del ácido cítrico y de la degradación de ácidos grasos libres, y en cambio actividades menores de las enzimas glucolíticas (Keul/Doll/Kepler, 1969, 9).

Las fibras ST se diferencian de las FT también por la innervación. Las *fibras ST* están innervadas por neuritas de conducción lenta, pertenecientes a motoneuronas alfa pequeñas de la médula espinal (v. pág. 85) y caracterizadas por un modelo de impulsos continuo, importante para la actividad constante de la motricidad de sustentación. Las *fibras FT* están innervadas por neuritas de conducción rápida, pertenecientes a motoneuronas alfa grandes y caracterizadas por un modelo de impulsos discontinuo, típico de la actividad motora intencional (cf. Burke/Edgerton, 1975, 31 s.; Wittekopf/Marhold/Pieper, 1981, 227).

La predisposición, esto es, el porcentaje de las diferentes fibras musculares, está determinada por la genética.

En la mayor parte de la población se encuentran porcentajes más o menos iguales; no obstante, en casos individuales la distribución genética puede llegar hasta cifras de 90:10 o 10:90.

Estas personas están dotadas en un sentido unilateral (Hollmann/Hettinger, 1980, 181). En el esprinter “nato” predominan las fibras FT, mientras que en el deportista de resistencia “nato” (corredor de maratón) predominan las fibras ST (v. pág. 137).

Se dice que Carl Lewis, el mejor esprinter y saltador de todos los tiempos, tiene en la musculatura de sus piernas un porcentaje superior al 90 % de fibras musculares de contracción rápida.

Es posible asimismo que la preferencia inconsciente por disciplinas de fuerza rápida y velocidad o de resistencia tenga relación con esta distribución de las fibras determinada por la herencia (Saltin, 1973, 137). El entrenamiento no modifica, o bien sólo lo hace en condiciones extremas, la distribución hereditaria de fibras FT o ST. Howald (1984, 12) nos informa sobre la transformación de fibras FT en ST en el deporte de resistencia de elite. En cambio, la transformación de fibras ST en FT resulta imposible, pues la velocidad no se puede entrenar, como ocurre con la resistencia, con un modelo de impulsos modificado y con tiempos tan largos de efecto del entrenamiento. En todo caso, después de interrumpir el entrenamiento de resistencia la fibra muscular modificada temporalmente vuelve a su tipo originario.

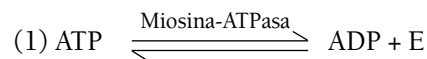
Generalidades sobre el metabolismo energético del músculo

La fuente de energía inmediata de la fibra muscular es el ATP. Como las reservas de ATP intracelular son muy limitadas, la fibra muscular se sirve de diferentes caminos para la resíntesis del ATP. Distinguimos aquí la producción de energía anaeróbica o anoxidativa (tiene lugar sin la presencia de oxígeno) y la aeróbica u oxidativa (se realiza con oxígeno).

Producción de energía anaeróbica

Si el inicio de una carga deportiva presenta una intensidad elevada, las necesidades energéticas no se podrán cubrir suficientemente de forma oxidativa; el retardo inicial en el consumo de oxígeno respiratorio se explica probablemente por una respuesta relativamente lenta del sistema circulatorio ante el inicio del trabajo (Hermansen, 1969, 33). Así, el músculo se ve obligado a producir parte de la energía necesaria por vía anaeróbica (sobre las siguientes explicaciones cf. fig. 35).

La primera reacción suministradora de energía es la disociación del ATP (representación simplificada):



Las existencias de ATP en la célula muscular suelen ser unos 6 mmol por kg de peso húmedo muscular (Keul/Doll/Kepler, 1969, 20), y con contracciones musculares máximas cubren las necesidades durante unas fracciones de segundo aproximadamente.

Los subproductos formados en esta reacción, el ADP y el fosfato inorgánico (P), estimulan la respiración hasta multiplicar su rendimiento por 100, activando así intensamente los sistemas funcionales responsables del metabolismo muscular. No obstante, en cuanto todo el ADP y el fosfato se han transformado de nuevo en ATP, la respiración se inhibe y vuelve al estado de reposo. Senger/Donath (1977, 391) se refieren a este principio regulador como “control respiratorio debido a la necesidad energética”.

Para permitir la continuación del trabajo muscular, el ATP se recarga a través de las reservas celulares de creatinofosfato (reservas de CF), que pueden contener unos 20-30 mmol por kg de peso húmedo muscular (Keul/Doll/Kepler, 1969, 22). Esta resíntesis inmediata permite un tiempo de trabajo total con los fosfatos ricos en energía (ATP, CF) de entre 7 y 8 segundos como máximo.

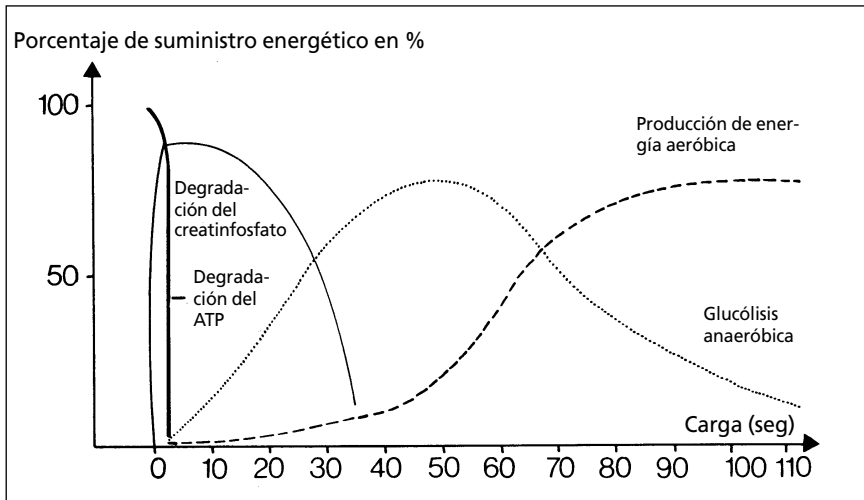
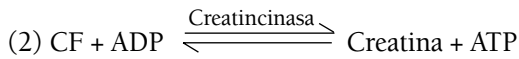
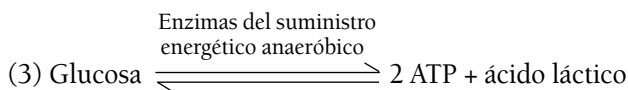


Figura 35. Porcentaje de los diferentes sustratos de aporte energético en el suministro energético (de Keul/Doll/Keppler, 1969, 38).



El suministro energético en los primeros 7 segundos se denomina también fase *aláctica* de la producción de energía anaeróbica, pues tiene lugar sin formación de ácido láctico en cantidades significativas (cf. Hecht, 1972, 360; Di Prampero, 1973, 1; Pansold y cols., 1973, 176, entre otros).

La fase *láctica* incluye la glucólisis (anaeróbica):



Esta forma de producción de energía tiene lugar en el sarcoplasma y es la producción energética preferida con todas las cargas intensas en las cuales el aporte de oxígeno es insuficiente. El punto máximo de la glucólisis se sitúa en unos 45 segundos.

En la *glucólisis (anaeróbica)* sólo se puede utilizar como suministrador de energía la glucosa o el glucógeno. Desde el punto de vista energético, el glucógeno intracelular es más apropiado, pues no se tiene que transportar primero a través del torrente sanguíneo y después a través de la membrana celular para su posterior fosforilación; además da como resultado una cantidad mayor de ATP.

Suministro de energía anaeróbica y deuda de oxígeno

En relación con el suministro energético anaeróbico tenemos que explicar la noción de *deuda de oxígeno*.

Como ya hemos mencionado, al comienzo de un trabajo intenso la cantidad de oxígeno disponible es insuficiente. El organismo trabaja de forma anaeróbica hasta que se interrumpe el trabajo o bien hasta que la intensidad de éste desciende a niveles que permitan una combustión oxidativa económica del sustrato. Por tanto, en un primer momento se crea una *deuda de oxígeno* que se deberá compensar una vez concluido el trabajo (Keul/Doll/Keppler, 1969, 33; Hecht, 1972, 360). Las diferencias interindividuales en cuanto a la deuda de oxígeno son muy marcadas y dependen del nivel de motivación (Hermansen, 1969, 33; Mijailov, 1973, 371), del estado de entrenamiento y de la edad (los niños y jóvenes no entrenados no pueden crear una deuda de oxígeno grande).

Después de la interrupción del trabajo, la refosforilación de creatina a creatinfosfato (Cunningham/Faulkner, 1969, 68), esto es, la reposición de las reservas de fosfatos ricos en energía, es el componente principal de la eliminación de la deuda de oxígeno.

De forma errónea se suele denominar deuda de oxígeno al aumento global del consumo de oxígeno después de terminado el trabajo. En realidad, el aumento de consumo de oxígeno al terminar el trabajo se compone de la deuda de oxígeno mencionada y de otros factores (cf. Hollmann/Liesen, 1973, 33; Cunningham/Faulkner, 1969, 68).

Recuperación del depósito de oxígeno

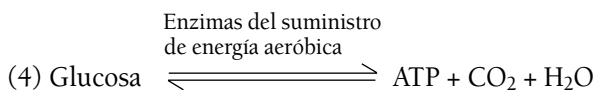
- Reservas de mioglobina: en los primeros segundos de un trabajo muy intenso el organismo consume las existencias de oxígeno asociadas a la mioglobina. Éstas permiten un trabajo fundamentalmente aeróbico durante 10 segundos (Åstrand y cols., 1960, 454 s.).
- Oxígeno disuelto en el líquido tisular.
- Regeneración de sangre arterial, capilar y venosa hasta alcanzar una saturación de oxígeno normal.

- Aumento de las necesidades de oxígeno del músculo cardíaco, de los músculos activos y de los músculos respiratorios (con un volumen de ventilación de 150 l/min la necesidad de oxígeno del aparato de ventilación se sitúa ya en el 15 % del consumo de oxígeno global, y a partir de 200 l/min esta cifra se eleva de nuevo considerablemente, debido a una mayor resistencia de las vías respiratorias, provocada a su vez por las turbulencias de la corriente de aire) (Comroe y cols., 1964).
- Mayor necesidad de oxígeno de los tejidos como consecuencia de un aumento de la temperatura corporal (activación de todos los procesos metabólicos) y aumento del nivel de catecolaminas (el aumento de la secreción de adrenalina provoca un incremento de los procesos oxidativos).

Producción de energía aeróbica

Con un tiempo de carga superior a 1 minuto, la producción de energía aeróbica, que tiene lugar en las mitocondrias, va adquiriendo un papel cada vez más dominante.

En la combustión oxidativa se da el siguiente proceso:



Si se utiliza la forma de almacenamiento de la glucosa, el glucógeno, se obtienen ¡hasta 38 ATP!.

En contraposición con el suministro de energía anaeróbica, aquí se puede consumir como productos energéticos, además de la glucosa, los lípidos (en forma de ácidos grasos libres = AGL), y en casos especiales de necesidad (como, p. ej., hambre o cargas continuas extremas) también proteínas (en forma de aminoácidos = AA). Hay que señalar una vez más que la intensidad del trabajo muscular —y por tanto la velocidad de contracción de las fibras musculares— cambia dependiendo del suministro energético posible (cf. Keul/Kindermann/Simon, 1978, 2).

La velocidad de contracción alcanza su punto máximo con los fosfatos ricos en energía y su punto mínimo con la combustión aeróbica de ácidos grasos (fig. 282). La explicación radica en las diferentes tasas de flujo de los distintos equivalentes de los fosfatos ricos en energía; si hubiera que conseguir intensidades elevadas y, por tanto, transferencias de energía importantes, se producirán tasas de flujo mayores. Si esto no resulta posible, se producirá una caída de la intensidad.

Como resumen podemos decir que el suministro de ATP, la fuente de energía primaria, corresponde sucesivamente al CF, a la glucólisis (anaeróbica) y a la producción de energía aeróbica; la renovación de cada una de estas reservas se produce a costa de la siguiente. El suministro de energía, esto es, la resíntesis, no se produce estrictamente en sucesión, sino que se dan momentos de coincidencia (v. fig. 35).

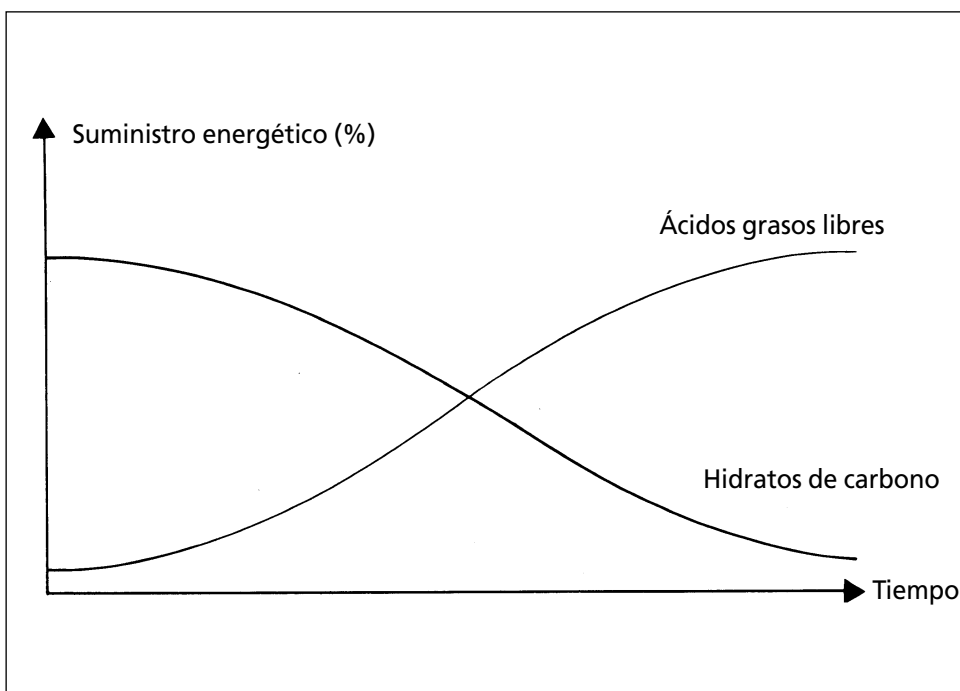


Figura 36. Suministro energético con cargas máximas de diferente duración (de Keul, 1975, 596).

Productos energéticos para el metabolismo muscular

Los suministradores de energía más importantes para la célula muscular, que la nutrición repone de forma continua, son los siguientes:

1. Hidratos de carbono (suelen cubrir unos dos tercios aprox. del suministro energético).
2. Grasas (un tercio).
3. Proteínas (son casi irrelevantes en este punto, pues su papel es importante tal vez para el metabolismo anabólico, pero no para el metabolismo energético).

Las necesidades energéticas en reposo se cubren principalmente con hidratos de carbono (HC) y grasas. No obstante, con el entrenamiento deportivo se produce un desplazamiento del suministro energético dependiendo del tipo de estímulo de carga: las cargas muy intensas sólo se pueden cubrir de forma *anaeróbica* a través de la combustión de la glucosa intracelular (glucógeno), mientras que las cargas medias de mayor duración se cubren de forma *aeróbica* con hidratos de carbono y grasas en una relación mixta, específica del grado de intensidad (figs. 36 y 37).

Para la cuantía de las reservas energéticas propias del cuerpo, Astrand (cit. por Hollmann/Hettinger, 1976, 68) indica las siguientes cifras absolutas (kcal y kJ):

ATP	1,2 kcal y 5,02 kJ
CF	3,6 y 15,07
Hidratos de carbono	1.200 y 5.024
Lípidos	50.000 y 209.340

Así pues, los lípidos constituyen la mayor reserva energética en el organismo. La importancia de la combustión de las grasas depende, sin embargo, del tipo de trabajo, de la duración (fig. 36) y la intensidad de éste, del volumen de la masa muscular utilizada y del tipo de fibras musculares (Hollmann/Hettinger, 1976, 69). Desde el punto de vista deportivo hemos de mencionar las ventajas que aportan los hidratos de carbono frente a los lípidos; aquí la intensidad máxima posible por unidad de tiempo suele desempeñar un papel decisivo: en su combustión, los lípidos aportan 9,3 kcal/g frente a sólo 4,1 de los hidratos de carbono (y proteínas). Sin embargo, este valor absoluto no es el factor decisivo, sino el valor calorífico conseguido por litro de oxígeno.

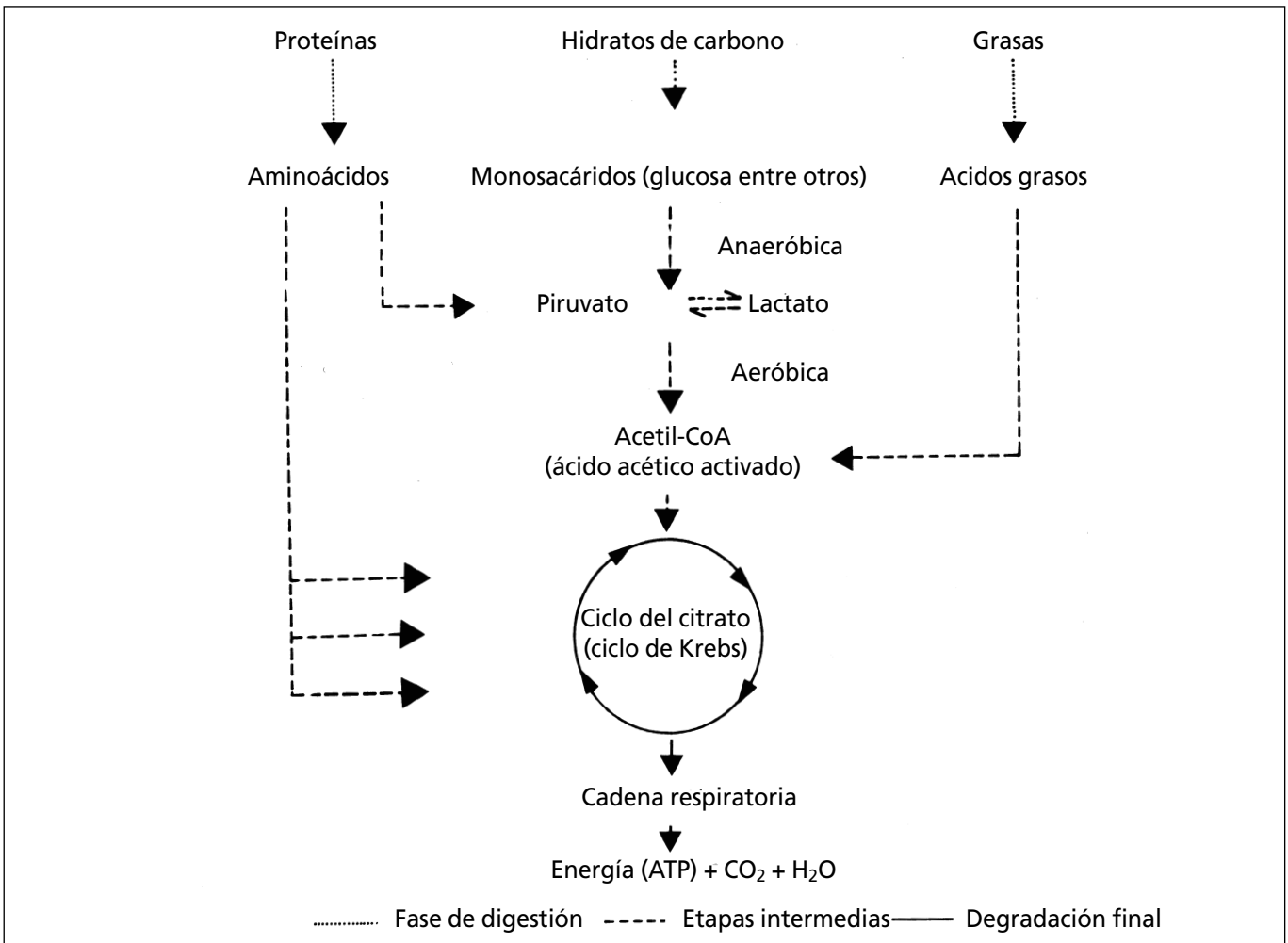


Figura 37. Vías metabólicas de los nutrientes productores de energía.

Aquí obtenemos los siguientes valores por gramo:

Glucosa	5,1 kcal, esto es, 21,35 kJ \approx 6,34 ATP
Grasas	4,5 kcal, esto es, 18,84 kJ \approx 5,7 ATP
(Proteína)	4,7 kcal, esto es, 19,68 kJ \approx 5,94 ATP

Así pues, con igual oferta de oxígeno, la energía obtenida con la glucosa es un 13 % mayor –incluso un 16 % en el caso del glucógeno como forma de almacenamiento intracelular de la glucosa– que la obtenida en la combustión de los lípidos (Keul/Doll/Kepler, 1969, 153). Se comprende, pues, la necesidad de que el deportista de resistencia acumule glucosa en la mayor cantidad posible.

No obstante, dado que con cargas continuas muy prolongadas las reservas de glucógeno no bastan por sí solas para cubrir las necesidades energéticas, la combustión de los ácidos grasos va adquiriendo un papel cada vez más importante al prolongarse la carga.

Según Keul/Doll/Kepler (1969, 153), con un trabajo muscular prolongado durante horas los ácidos grasos pueden cubrir entre un 70 % y un 90 % de las necesidades energéticas.

De la figura 37 se deduce que en la combustión oxidativa todos los nutrientes entran finalmente en el ciclo del citrato. Los equivalentes del hidrógeno producidos durante este ciclo (iones H^+) son oxidados por las enzimas de la cadena respiratoria en presencia de oxígeno, un proceso del que se obtiene energía (ATP), dióxido de carbono y agua. Las enzimas del ciclo del citrato y de la cadena respiratoria se encuentran en las “centrales térmicas” de la célula, las mitocondrias. Finalmente hemos de indicar que tanto la producción de energía aeróbica como la anaeróbica recorren el mismo camino catabólico hasta llegar al piruvato.

Fundamentos generales de las estructuras y funciones del sistema neuromuscular y de la motricidad deportiva

El desencadenamiento de una contracción muscular, como requisito básico del movimiento humano, necesita un impulso nervioso, esto es, una regulación nerviosa central. La instancia jerárquicamente superior, el sistema nervioso central, permite efectuar movimientos intencionales y coordinados entre sí a partir de un potencial ilimitado de movimientos aislados.

Estructura de una célula nerviosa. Unidad motora

La célula nerviosa, con las fibras que parten de ella, constituye la unidad básica del sistema nervioso central (fig. 38).

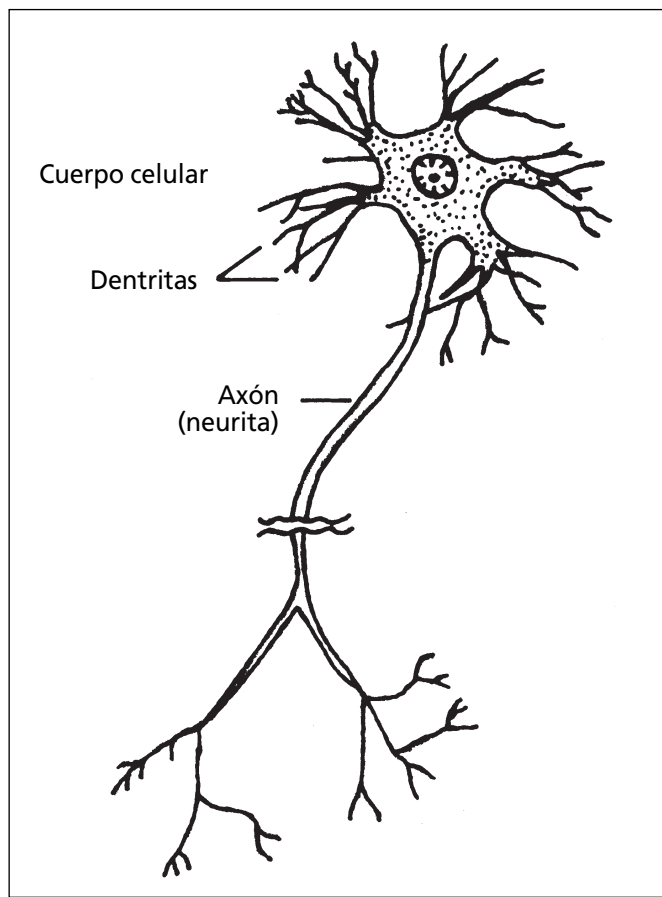


Figura 38. Estructura de una célula nerviosa (neurona).

Distinguimos entre unas protuberancias cortas, las llamadas *dendritas*, que conducen en dirección a la célula y sirven para captar la información procedente del entorno, y una protuberancia larga, la *neurita* (axón), que transmite las informaciones a otras células o al órgano final, por ejemplo, al músculo.

Las *dendritas*, junto con la membrana del cuerpo celular, modulan la actividad de la célula nerviosa mediante la integración de los diversos estímulos e inhibiciones. Esta membrana está cubierta de una corteza de al menos un millón de sinapsis (cf. Kugler, 1981, 7).

El *axón* se puede dividir en fibras *mielinizadas*, de conducción rápida, por ejemplo, las fibras motoras (velocidad de conducción de hasta 120 m/s o 432 km/h), y fibras *no mielinizadas*, de conducción lenta, por ejemplo, las fibras de transmisión del dolor.

Un grupo de varios axones se reúne en un racimo de conexiones, comparable a un cable de conducción eléctrica, que, recubierto de una vaina de tejido conjuntivo, forma el conjunto que conocemos como *nervio*.

Las neuronas desarrollan sus “elevadas” capacidades en unión recíproca, como *sistema nervioso*. Conectan unas con otras en circuitos funcionales mediante *sinapsis*, puntos de conexión o de contacto, que producen diferentes sustancias transmisoras (*transmisores*) dependiendo de que su función sea excitadora o inhibidora (cf. la teoría del bucle largo, pág. 511). Aquí no se trata de una transmisión sencilla 1:1, sino de una malla de muchos miles de conexiones (cf. Kugler, 1981, 6); el cuerpo celular de cada neurona está cubierto por una corteza de sinapsis. El número de sinapsis se incrementa considerablemente por el hecho de que todas las dendritas pueden establecer, en toda su longitud y en todos sus lados, sinapsis axodendríticas (uniones entre axón y dendritas) y dendrodendríticas (uniones entre varias dendritas).

La sincronía (simultaneidad) y la acumulación espacial de flujos de excitación constituyen la base de la transmisión compleja de información e influyen sobre el modelo de descarga codificado de las neuronas conectadas sucesivamente.

Desde las células nerviosas (neuronas) del sistema nervioso central se transmiten los impulsos motores a través de los nervios *eferentes* y la *vía piramidal* hasta las células motoras del asta anterior (motoneuronas alfa) de la médula espinal, que a su vez inervan la musculatura esquelética correspondiente. Como se puede ver en la figura 39, el nervio motor periférico presenta, al llegar al músculo, una ramificación múltiple en fibras nerviosas aisladas, que por su parte inervan una cantidad determinada de fibras musculares a través de una *placa motora terminal*, una especie de sinapsis que constituye el miembro de unión entre fibra nerviosa y músculo.

La totalidad de fibras musculares inervadas por una célula del asta anterior motora se denomina *unidad motora*.

El número de fibras musculares inervadas por una motoneurona alfa varía dependiendo del tipo y de la función del músculo; en los músculos grandes y orientados hacia la fuerza, como el *gastrocnemio* (gemelos de la pantorrilla), la relación de inervación entre la célula nerviosa y las fibras musculares es 1:1.600 aproximadamente; en los músculos pequeños, de motricidad fina, como p. ej. los del ojo, esta relación es sólo 1:10 (cf. Feinstein/Lindgard/Nyman, 1955, 127).

Desde el punto de vista funcional, las células nerviosas motoras (motoneuronas) nunca trabajan todas a la vez. El escalonamiento de la intensidad y velocidad de contracción de la musculatura esquelética se regula a través de los

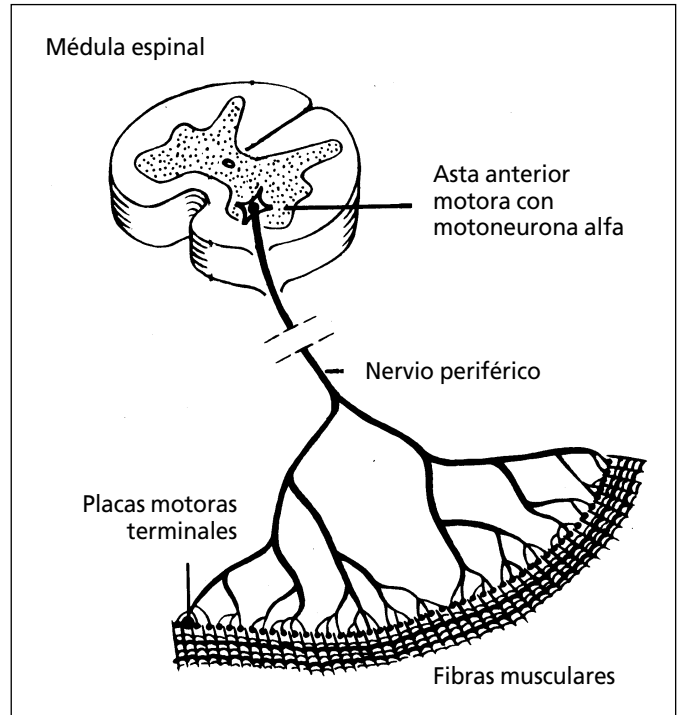


Figura 39. Estructura de una unidad motora.

siguientes mecanismos (cf. Wittekopf/Marhold/Pieper, 1981, 227):

- El *escalonamiento fino* se produce por aumento de la frecuencia de descarga de la motoneurona correspondiente.
- El *escalonamiento grueso* del movimiento se produce con el cambio de número de las unidades motoras: hablamos en este caso de un aumento o una reducción del reclutamiento. El máximo de la fuerza posible se consigue activando todas las unidades motoras disponibles en un músculo y activándolas de forma sincrónica durante un periodo de tiempo breve.
- La *variación de la velocidad de movimiento* se produce con la activación de unidades motoras específicas (fibras FT, ST; unidades grandes y pequeñas), sobre la base del diferente umbral de excitación de las distintas motoneuronas: las grandes motoneuronas alfa, con una frecuencia elevada de descarga de impulsos y excitabilidad escasa corresponden a las fibras FT; las más pequeñas, con una frecuencia de descarga menor y una excitabilidad intensa, corresponden a las fibras ST (cf. Burke/Edgerton, 1975, 31; Duchateau, 1992, 11).

El entrenamiento proporciona al deportista la capacidad para activar de forma simultánea un mayor número de unidades motoras de un músculo y, por tanto, una mayor capacidad de contracción. Hablamos de una mejora de la

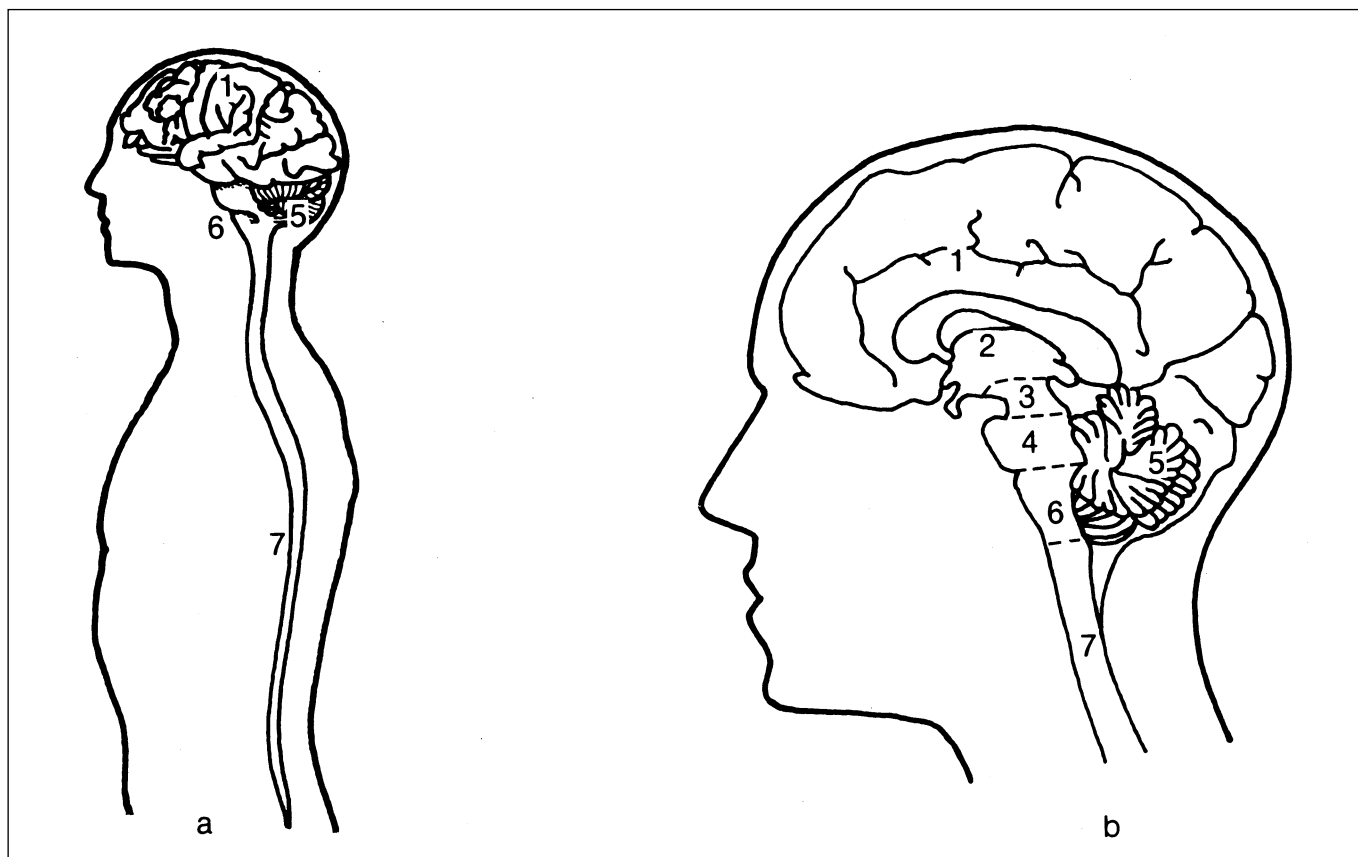


Figura 40. Representación esquemática de la estructura jerárquica del sistema nervioso central (1 = telencéfalo, 2 = diencéfalo, 3 = mesencéfalo, 4 = puente de Varolio, 5 = cerebelo, 6 = bulbo raquídeo, 7 = médula espinal).

coordinación *intramuscular*; en comparación con el individuo no entrenado, que sólo puede utilizar simultáneamente un cierto porcentaje de sus fibras musculares activables, el porcentaje de fibras musculares contraídas de forma *sin-crónica* –y por tanto la fuerza global del músculo– aumenta significativamente, pudiendo alcanzar hasta el 100 % de las posibilidades de partida (cf. Fukugana, 1976, 265; v. pág. 226; Bührle/Schmidtbleicher, 1981, 265).

El sistema motor

Para que la actividad muscular, que hasta ahora sólo hemos descrito en su mecanismo de contracción, adquiera la necesaria estructuración cuando interactúan varios músculos –coordinación intermuscular–, se necesita la participación de numerosos mecanismos reguladores del sistema nervioso central.

Las tareas del sistema nervioso central se pueden clasificar en los siguientes ámbitos parciales:

- Elaboración de programas motores y puesta en práctica de proyectos concebidos (v. pág. 88).

- Articulación espacio-temporal y configuración afectiva del movimiento.
- Control y ajuste de la actividad muscular ante las necesidades situacionales por medio de informaciones retroactivas periféricas (reaferencias) que llegan a través los analizadores (v. pág. 486).
- En la realización de un movimiento deportivo participan muchas estructuras cerebrales diferentes, que en el transcurso de la filogénesis del hombre han ido adoptando una especie de distribución jerárquica. De un movimiento se encargan instancias reguladoras más o menos elevadas en función de que dicho movimiento sea consciente o inconsciente (automatizado), sencillo o complejo. La figura 40 nos ofrece una visión general de la estructura jerárquica del encéfalo.

Las estructuras anatómicas representadas en la figura 40 desempeñan las siguientes funciones motoras:

Médula espinal

Además de la conducción de varios millones de fibras aferentes sensoras y aferentes motoras, la tarea principal de la médula espinal consiste en la ejecución de modelos motores y posturales sencillos (p. ej., coordinación de los

movimientos de la marcha). Dentro de esta motricidad espinal, los *reflejos propioceptivos* contribuyen decisivamente a mantener el cuerpo en postura erguida; el ejemplo más significativo es el reflejo de estiramiento muscular de los husos musculares (v. pág. 445).

Tronco encefálico

El bulbo raquídeo, el puente de Varolio y el mesencéfalo se agrupan desde el punto de vista funcional en el llamado tronco encefálico. Estas estructuras, consideradas en su conjunto, se ocupan de una *motricidad de sustentación* que se adapte a la *motricidad intencional*.

Las *motricidades intencional y de sustentación* se consideran dos coordinaciones motoras complementarias. La inervación de sustentación que denominamos postura es una condición necesaria de toda acción intencional y sirve para su preparación y su control. La coordinación de secuencias motoras especiales de las extremidades necesita la *motricidad intencional*, y la postura corporal correspondiente necesita la *motricidad de sustentación*.

Cerebelo y ganglios basales

El cerebelo y los ganglios basales (v. también cuerpo estriado y globo pálido) articulan espacial y temporalmente los modelos motores gruesos de los centros asociativos del telencéfalo.

Telencéfalo

La presencia de las áreas corticales motoras, los centros de asociación y las áreas de motivación y de impulsos otorga al telencéfalo una especial importancia para la realización de acciones motoras, para la preparación de esquemas de programas y para la regulación del impulso motor.

En el momento de ejecutar una acción motora, las estructuras anatómicas recogidas en la tabla 8 se encuentran conectadas en serie dentro de una cadena funcional (cf. de Marées, 1979, 70; Schmidt, 1979, 181).

La figura 41 reproduce de forma esquemática la complejidad de los procesos de regulación existentes.

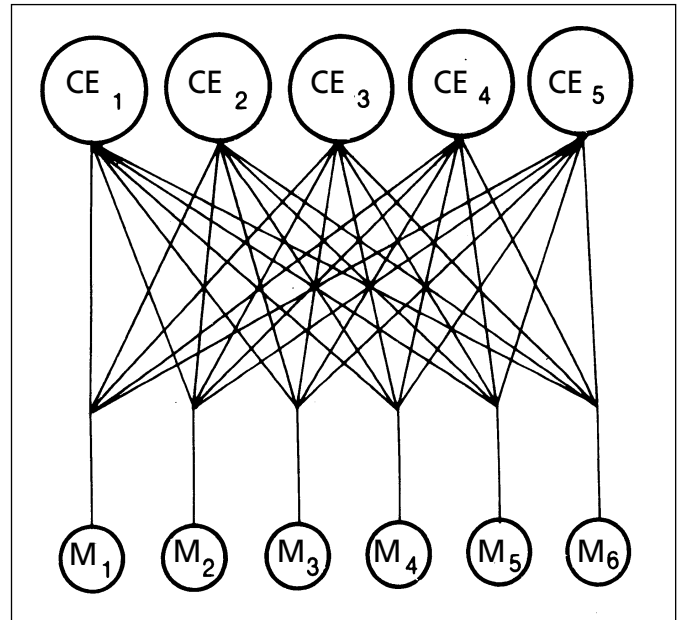


Figura 41. Representación esquemática del cruzamiento complejo de los distintos planos de movimientos y programas para la ejecución de un movimiento en el que participan varios músculos (M₁-M₆) y varios centros efectores (CE₁-CE₅).

Para que todos los movimientos del músculo esquelético se puedan adecuar a las condiciones marco externas se necesita una *retroalimentación (feedback)* continua, suministrada por el efecto que el movimiento ha provocado. Esta *retroalimentación* tiene lugar –al igual que la regulación del movimiento en su conjunto– en distintos niveles organizativos.

La figura 42 muestra las múltiples posibilidades combinatorias de cada uno de los centros de regulación y control; estas posibilidades resultan del cruzamiento de conducciones informativas. La retroalimentación puede discurrir por diferentes planos de regulación. Puede recibirse en los centros de nivel superior proveniente de los de nivel inferior, y viceversa (cf. Beulke, 1980, 173).

Los sistemas de conexión *jerárquicamente inferiores* (p. ej., el plano espinal) se ocupan de un ámbito de regulación muy restringido; en él no se pueden compensar desviaciones importantes del valor real, y sólo se registra una parte de la regulación global del organismo.

Los sistemas de conexión *superiores* (p. ej., supraspinales y corticales) se ocupan ya del organismo en su conjunto, aunque su ámbito de regulación tampoco resulta suficiente para compensar desviaciones extremas. El sistema regulador jerárquicamente *superior* (corteza), con el ámbito de regulación máximo, es el único capaz de integrar todas las posibilidades funcionales del organismo (cf. Trinker, 1974, 14). Los sistemas de regulación y conducción superiores (adaptadores) están por lo general tan imbrica-

El proceso de entrenamiento contribuye a una mayor precisión y economía y a una reestructuración de los diferentes procesos reguladores; los movimientos que al principio se efectuaban con la intervención del plano superior (corteza cerebral) se van *automatizando* progresivamente, esto es, se van desarrollando en niveles más bajos y, por tanto, de forma inconsciente y sin control del cerebro. De esta forma se descarga de trabajo a la corteza cerebral, que puede dedicarse a otras tareas motoras (detalles).

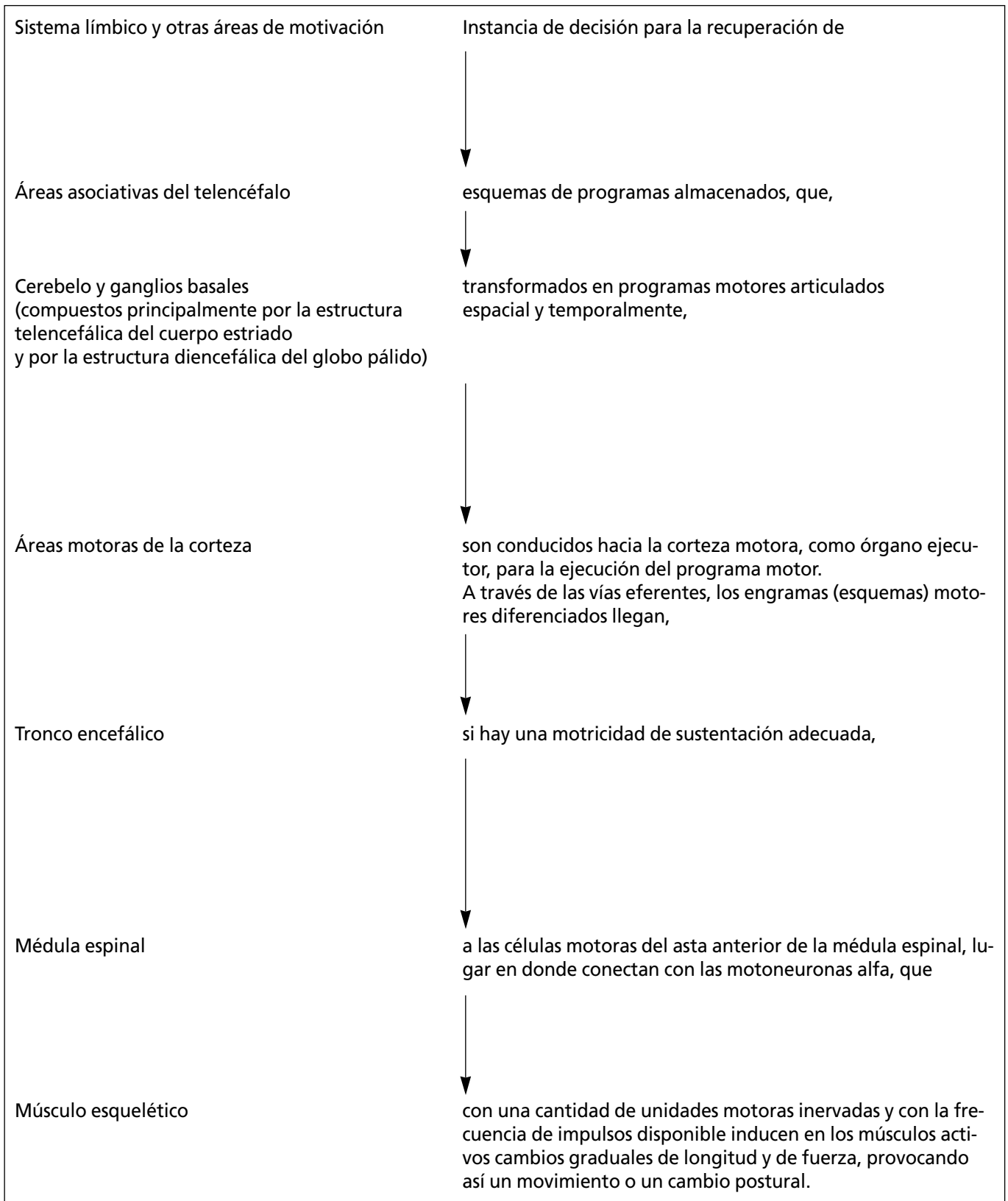


Tabla 8. Representación esquemática del transcurso de una acción motora, indicando las estructuras anatómicas que participan en ella y su función

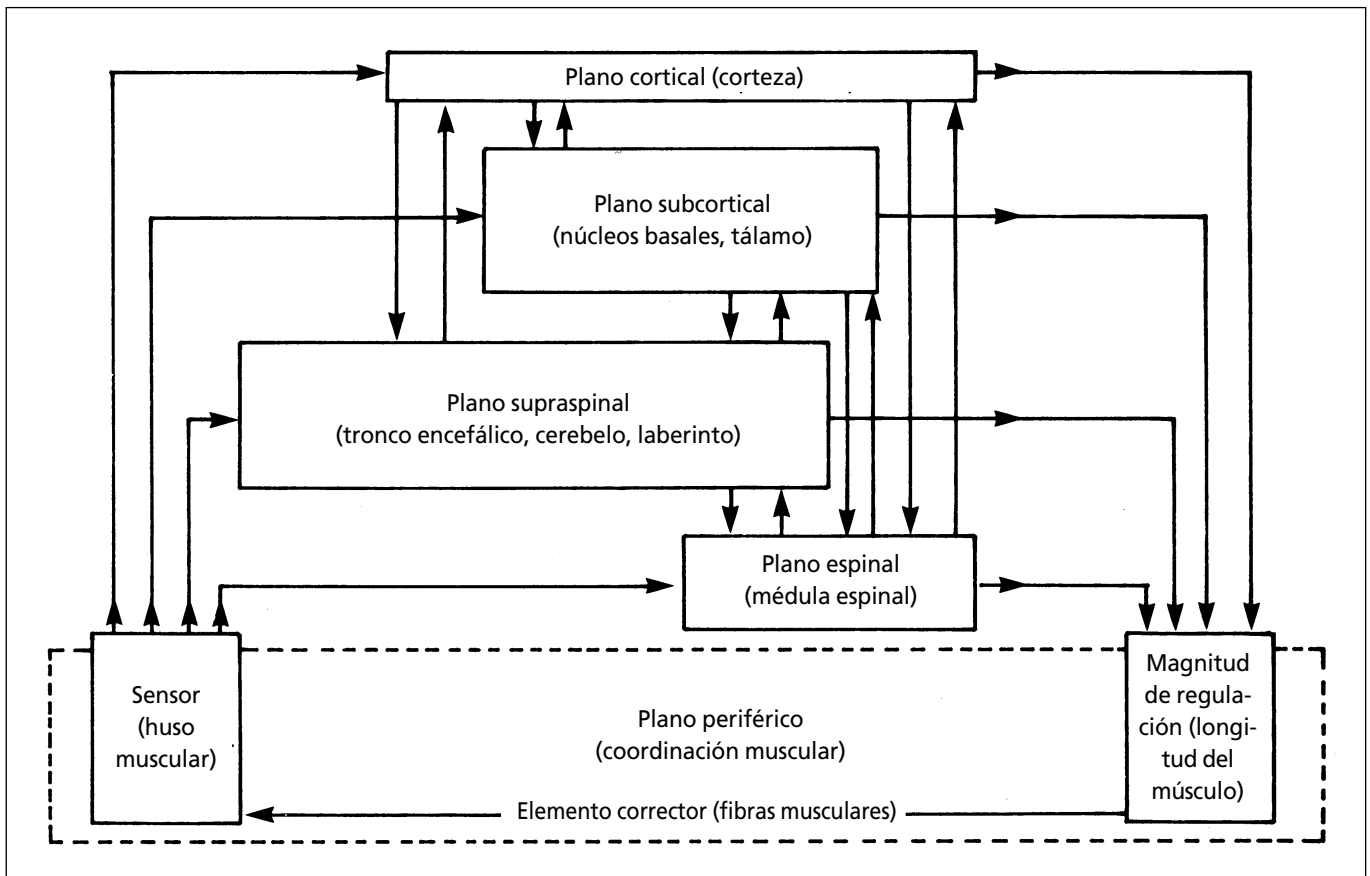


Figura 42. El principio de la ordenación jerárquica y la red de circuitos reguladores organizativos.

dos con un circuito regulador de menor nivel jerárquico, que se sirven de éste para el planteamiento de objetivos normales, por ejemplo, la realización de movimientos *intencionales*, mientras que el circuito regulador más bajo en la jerarquía asume la realización del movimiento *de sustentación* y la retroalimentación rápida en casos de magnitudes de trastorno externas.

Frente a los mecanismos de reflejo de la médula espinal, cuyo representante principal es el reflejo de estiramiento muscular (v. pág. 445), limitados estrictamente en su programación a las conexiones innatas, las estructuras sensoromotoras cerebrales, jerárquicamente superiores, son más elásticas y adaptables. En el proceso de aprendizaje motor (v. pág. 503) se produce, por tanto, una mejora de los mecanismos de regulación de los sistemas funcionales superiores.

Breve exposición, a modo de resumen, de los cambios de adaptación provocados por el entrenamiento

Adaptación a las exigencias de rendimiento coordinativo

La adaptación coordinativa se refleja, en el plano muscular, en una mejora de las interacciones *intramuscular* e *intermuscular*.

Con la mejora funcional *intramuscular*, que tiene lugar dentro de un único músculo, éste adquiere la capacidad de activar al mismo tiempo un número mayor de unidades motoras y, por tanto, de aumentar su fuerza.

Con la mejora del rendimiento *intermuscular*, la colaboración de diferentes músculos gana en calidad. Los músculos o grupos musculares necesarios reciben una inervación más selectiva, se optimiza la interacción de agonistas y antagonistas, se reducen a un mínimo los movimientos concomitantes innecesarios y se van puliendo los mecanismos reflejos.

Finalmente, en las estructuras jerárquicamente superiores del sistema nervioso central, el entrenamiento deportivo optimiza los mecanismos de elaboración de la información y la programación y regulación de los movimientos, lo que reviste especial importancia para el perfeccionamiento de los movimientos difíciles o complejos.

Adaptación a estímulos de entrenamiento enfocados a la condición física

Al tratar de la adaptación a las cargas de la condición física distinguimos, de forma esquemática, tres posibilidades:

- Adaptación a estímulos de corta duración, intensos y con predominio de la fuerza (p. ej., cargas de fuerza máxima y de fuerza rápida).

Después de mejorar la coordinación *intramuscular* e *intermuscular*, el músculo continúa adaptándose a través de un *aumento de la sección transversa* de las diferentes fibras musculares. Esta *hipertrofia* (v. también pág. 230) del músculo le proporciona una mayor fuerza de contracción. En paralelo a este proceso, aumenta la capacidad del metabolismo aláctico anaeróbico (fosfatos ricos en energía) si se la somete a desgaste.

- Adaptación a estímulos intensos, que exigen una elevada resistencia láctica anaeróbica (p. ej., cargas de resistencia de fuerza y de resistencia de velocidad).

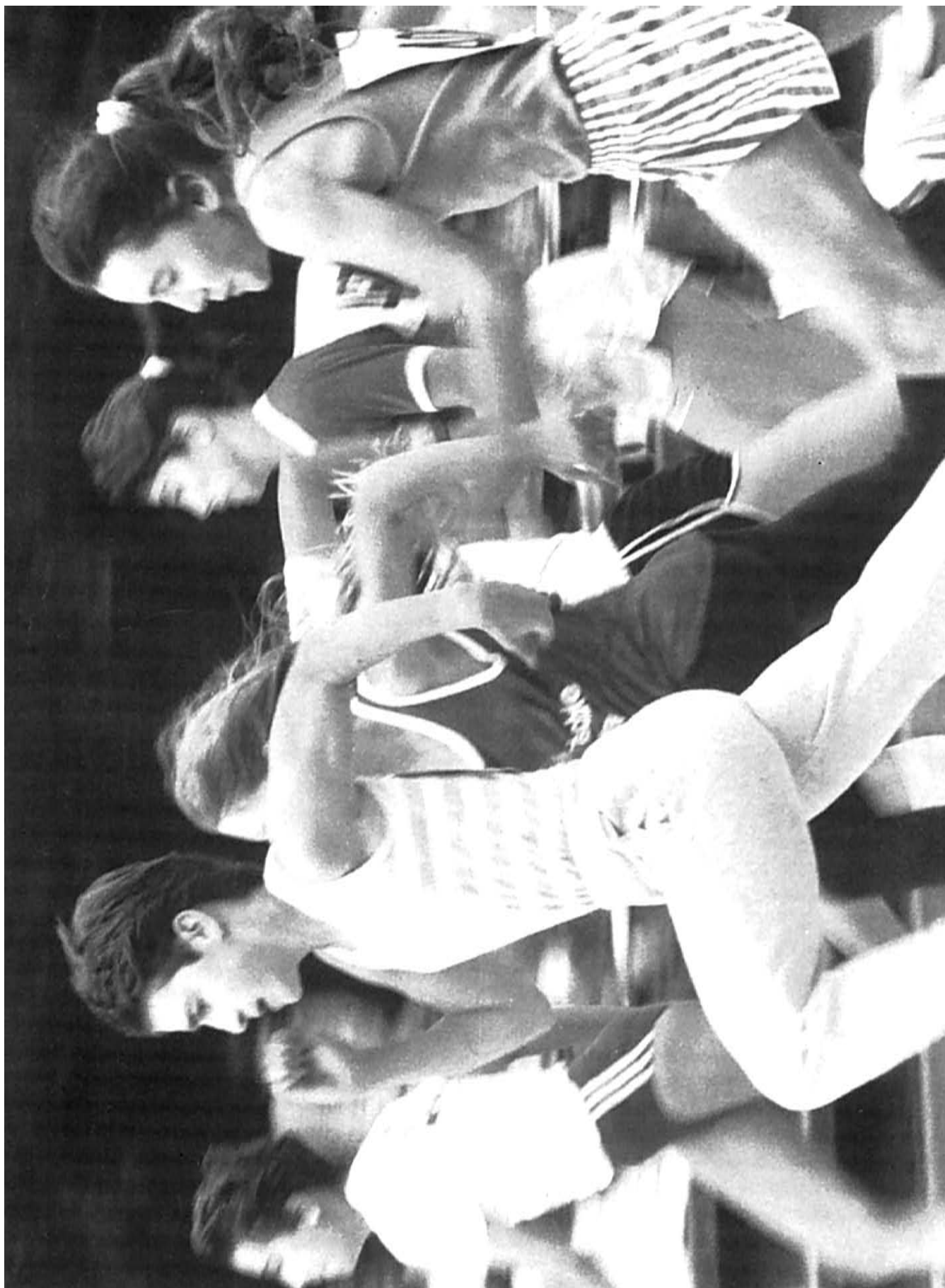
En paralelo a la carga se produce una mejora de la capacidad anaeróbica láctica –objeto de interés primordial–, es decir, aumentan la capacidad de las reservas intramusculares de glucógeno y la capacidad de las cadenas de enzimas anaeróbicas necesarias para su degradación.

- Adaptación a estímulos extensivos, que exigen resistencia aeróbica.

Una reacción *específica* de respuesta del músculo es el aumento de sus reservas intramusculares de glucógeno y de lípidos, y también de las enzimas aeróbicas que los

transforman; una reacción *inespecífica* es la mejora de los sistemas de abastecimiento que limitan el rendimiento (cardiocirculatorio, etc.).

Por lo general, en la *práctica deportiva* las reacciones de adaptación no son tan polarizadas como para afectar un solo plano. Incluso en modalidades a primera vista “unilaterales” de fuerza (p. ej., halterofilia), de resistencia (p. ej., esquí de fondo) o de coordinación (p. ej., patinaje artístico), los factores complementarios, ya sean coordinativos o de condición física, actúan limitando el rendimiento. Normalmente todas las modalidades muestran un “espectro mixto” específico de tipos de adaptación. Por ello, el éxito está reservado a aquellos deportistas que, con estímulos de entrenamiento específicos, consigan un grado óptimo de adaptación a su modalidad desde el punto de vista *neuromuscular* (técnica) y *energético* (condición física). La persistencia de dificultades importantes en este aspecto dentro de la práctica deportiva se puede observar sobre todo en las modalidades complejas (p. ej., los grandes juegos deportivos); aquí existe un entramado complejo de factores del rendimiento parcialmente contrapuestos, que impide una organización claramente predeterminada del entrenamiento. En el mejor de los casos, la metodología general del entrenamiento puede aportar tendencias, pero no “recetas patentadas”.



10 Fundamentos deportivo-biológicos del entrenamiento infantil y juvenil

“El niño no es un adulto en miniatura, y su mentalidad es diferente de la del adulto no sólo cuantitativamente, sino también cualitativamente, de modo que el niño no sólo es más pequeño, sino también de otra manera.”

Claparède, 1937

Para su desarrollo psicofísico global, los niños y jóvenes necesitan una cantidad suficiente de movimiento. Esta necesidad la satisfacen normalmente los propios niños con su marcada *pulsión por el movimiento*. La mayor actividad motora en los niños frente a los adultos se explica por el predominio de los impulsos cerebrales (sobre todo del *pallidum*), y también por una percepción subjetiva del movimiento diferente a la de los adultos, esto es, los niños no lo asocian tan claramente a la fatiga (fig. 43) (cf. Bar-Or, 1982, 27).

Dado que el movimiento es una *necesidad del desarrollo*, que sufre considerables restricciones por causa de la educación y de la escuela (obligación de permanecer sentados), el entrenamiento corporal, sobre todo en las edades infantil y juvenil, merece nuestro apoyo sin reservas, siempre que se efectúe de la forma adecuada a la edad y al grado de desarrollo. No obstante, la participación en un *entrenamiento de rendimiento* en estas etapas de edad debería depender de una serie de *condicionantes* (cf. también Hollmann, 1981, 249):

- Al iniciar un entrenamiento de rendimiento se debería efectuar una *exploración general* a cargo de un ortope-
da y de un internista, con el fin de detectar, en la medida de lo posible, los síntomas patológicos y las alteraciones en el marco del aparato locomotor activo y pasivo y en el sistema cardiopulmonar que pudieran plantear un riesgo.
Esta *exploración* debería repetirse *a intervalos de tiempo regulares*, para reconocer a su debido tiempo, y en con-

secuencia evitar, los daños por sobrecarga originados en el entrenamiento.

- Todo entrenamiento de rendimiento debería efectuarse *por propia voluntad* y no bajo la presión de padres o entrenador.
- El entrenamiento debería organizarse *en consonancia con la edad* y las circunstancias psicofísicas de los niños.
- El entrenamiento no debería suponer un lastre para la formación escolar o profesional.
- El entrenamiento debería dejar a niños y jóvenes tiempo libre suficiente para otros intereses al margen del deporte.

Como vamos a exponer, los niños y jóvenes no son “adultos en miniatura” ni sus actividades deportivas se pueden reducir a un “entrenamiento de adultos reducido”. El entrenamiento infantil y juvenil incluye también un proceso de ejercicio sistemático y a largo plazo; sin embargo, los objetivos, contenidos y formas de proceder se diferencian en muchos aspectos frente al mundo adulto. Los problemas de la adecuación al niño, a la edad y al desarrollo merecen toda nuestra atención.

Al afirmar que “el entrenamiento infantil y juvenil no es un entrenamiento de adultos reducido” nos basamos en varias razones, pero sobre todo en el hecho de que el niño y el joven –en contraposición al adulto– se hallan aún en *crecimiento*; de esta circunstancia se derivan un gran número de cambios físicos, psíquicos y psicosociales, y una serie de particularidades del desarrollo con las correspondientes consecuencias para el entrenamiento infantil y juvenil.

Por estas razones, antes de comentar de forma específica las características anatomo-fisiológicas y psicológicas de cada una de las etapas de la edad, describiremos de forma general las particularidades originadas por el crecimiento en la edad infantil y juvenil.

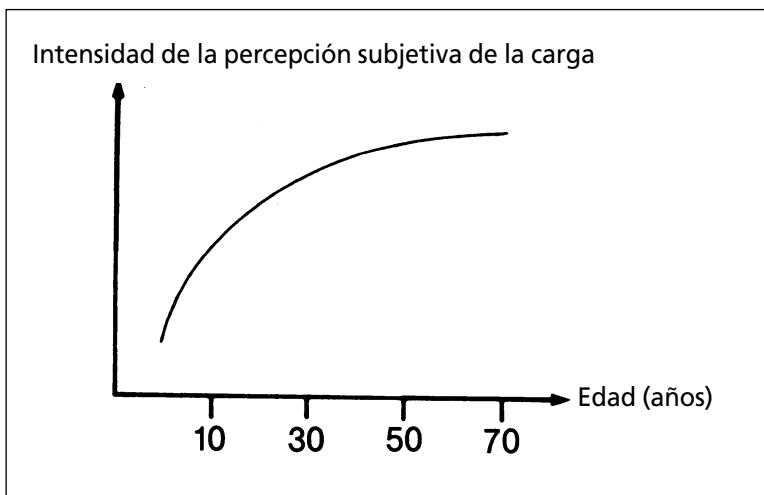


Figura 43. Relación entre la edad y la percepción subjetiva de la carga en relación con la frecuencia cardíaca máxima (de Bar-Or, 1982, 27).

Particularidades de las edades infantil y juvenil debidas al crecimiento

Como se puede ver en las figuras 44 y 45, los distintos segmentos del cuerpo muestran intensidades de crecimiento diferentes en cada edad. Ello provoca cambios de las proporciones corporales, característicos de los distintos periodos de crecimiento.

Como se muestra en la figura 46, las curvas de crecimiento del desarrollo de la cabeza/encéfalo y del cuerpo en general tienen un transcurso muy diferente. Llama la atención sobre todo el rápido desarrollo del encéfalo: con 6

años ya se ha alcanzado el 90-95 % del tamaño adulto. Por el contrario, el crecimiento general del cuerpo no ha alcanzado en este momento ni la mitad del valor del adulto.

Como muestra la figura 47, las células nerviosas del sistema nervioso central experimentan ya en el transcurso de los primeros años de vida una reticulación creciente, de gran importancia para el futuro potencial funcional. Se suele aceptar que esta germinación de nuevas fibras es especialmente intensa hasta el tercer año de vida aproximadamente (cf. Akert, 1979, 509, citado por Falck/Lehr, 1980, 103; Le Boulch, 1978, 54; David, 1981, 9) y se puede incrementar con el ejercicio adecuado.

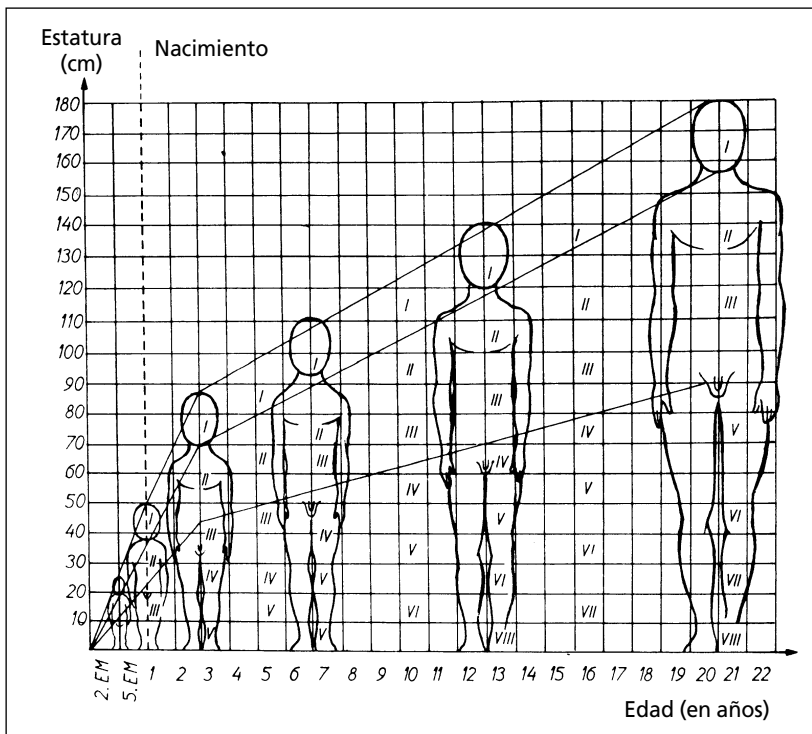


Figura 44. Cambios de la estatura corporal y de las proporciones entre los segmentos corporales durante el crecimiento (de Demeter, 1981, 10).

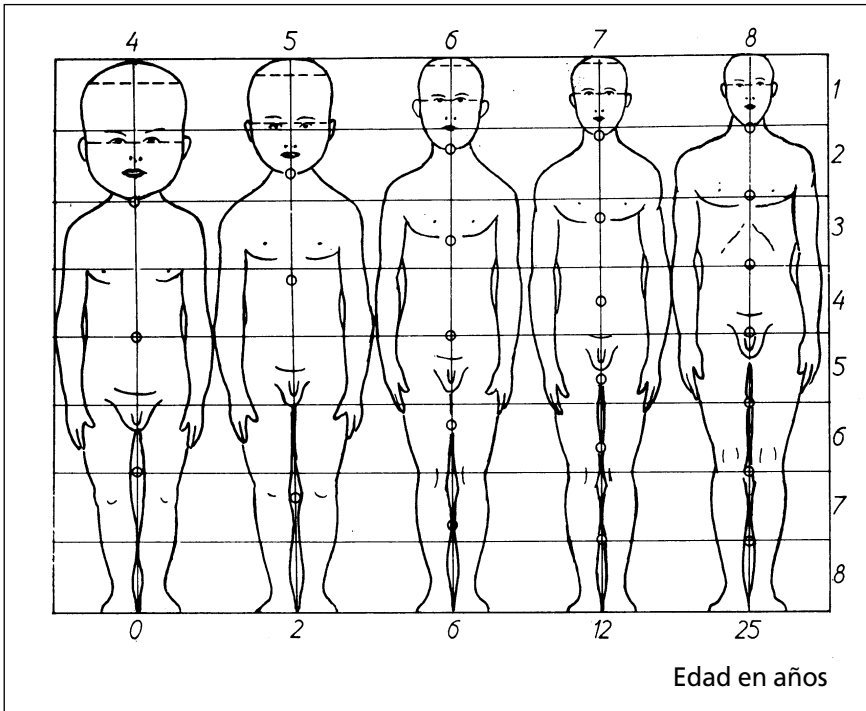


Figura 45. Relación entre las dimensiones de la cabeza y del cuerpo, que cambia con el paso de la edad. Las cifras en el margen superior indican las veces que la altura de la cabeza está contenida en la del cuerpo (de Stratz, citado en Demeter 1981, 11).

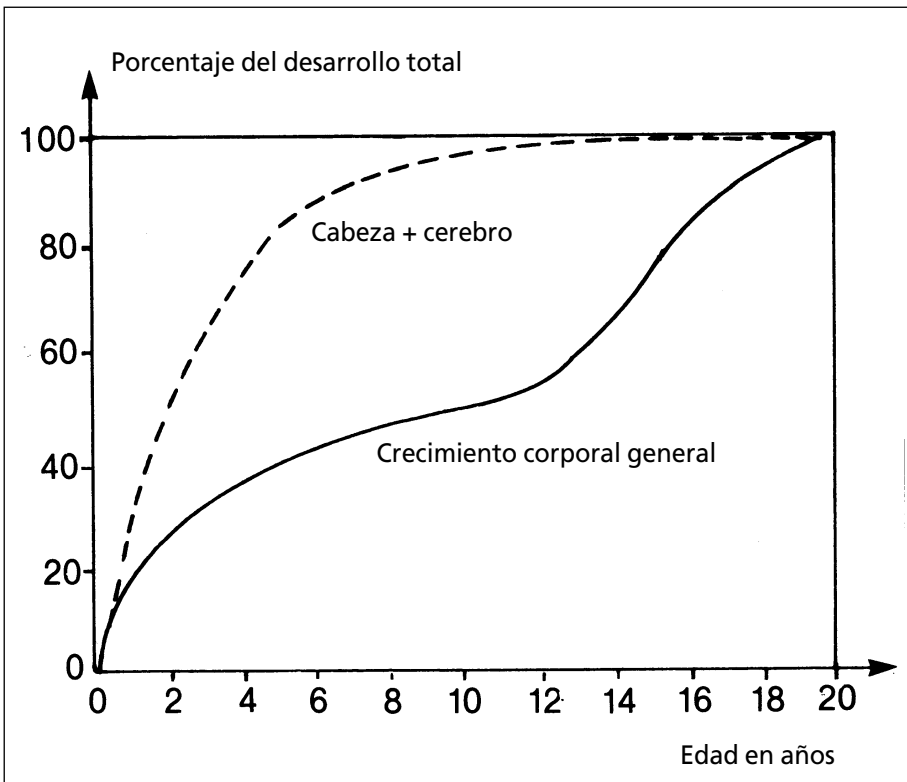


Figura 46. El desarrollo de la cabeza/cerebro y el crecimiento corporal general hasta alcanzar la edad adulta (modificado de Scammon, citado en Hellbrügg/von Wimpfen, 1977, 21).

Desde el punto de vista del movimiento interesa, pues, proporcionar al niño de corta edad estímulos suficientes para la formación de sus estructuras reticulares y, por tanto, para la configuración plástica de sus áreas cerebrales. Si no existen estos estímulos favorables, o no se dan en la medida suficiente, el resultado será una infraestructura menos marcada de las estructuras cerebrales correspondientes, esto es, un menor grado de maduración funcional (cf. Pickenhain, 1979, 45).

El rápido desarrollo del cerebro permite una elevada capacidad de rendimiento en el ámbito de las capacidades coordinativas, el “equivalente deportivo” del sistema nervioso central, que ya funciona perfectamente; por ello el entrenamiento infantil deberá centrarse en la formación óptima de las destrezas y técnicas deportivo-motoras y en la ampliación del repertorio de movimientos y de la experiencia motora. El entrenamiento de las capacidades físicas tiene lugar en paralelo a este proceso, si

bien sólo en la medida en que lo requiera una formación coordinativa global, y aquí observamos una diferencia básica respecto al entrenamiento de adultos: las capacidades físicas en la edad infantil no se forman para maximizar sino para optimizar.

Otro problema del crecimiento consiste en que niños y jóvenes no crecen de forma continua, sino mediante estirones (fig. 48).

Como muestran los estudios de Lampl/Veldhuis/Johnson (1992, 802), los lactantes y niños en la pubertad crecen entre 0,5 y 1,65 cm por día y unos 2,5 cm por semana. Alternan fases de crecimiento y de estancamiento (¡hasta 63 días!).

La velocidad del crecimiento disminuye progresivamente desde el nacimiento hasta la edad adulta. Una excepción la constituye la aceleración transitoria de la *época de pubertad*. Este empujón del crecimiento se inicia

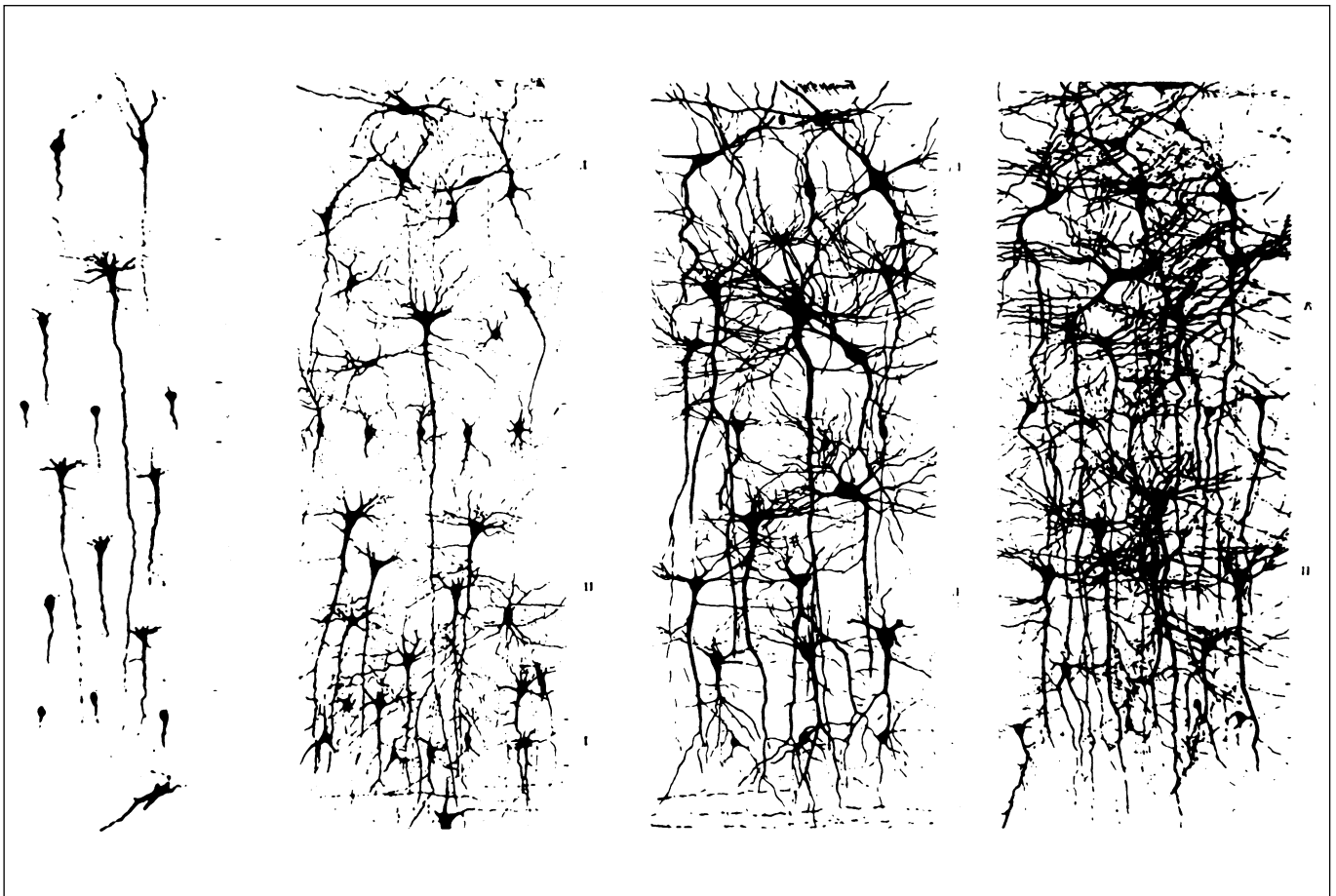


Figura 47. Células nerviosas y uniones de sus fibras en el transcurso del desarrollo infantil. De izquierda a derecha: neonato, niño de 10 días, de 10 meses y de 2 años (de Ackert K.: *Klinische Wochenschrift* 49 [1971], 509; citado en Falck I., Lehr U.: *Zeitschrift für Gerontologie* 13, 2 [1980], 103).

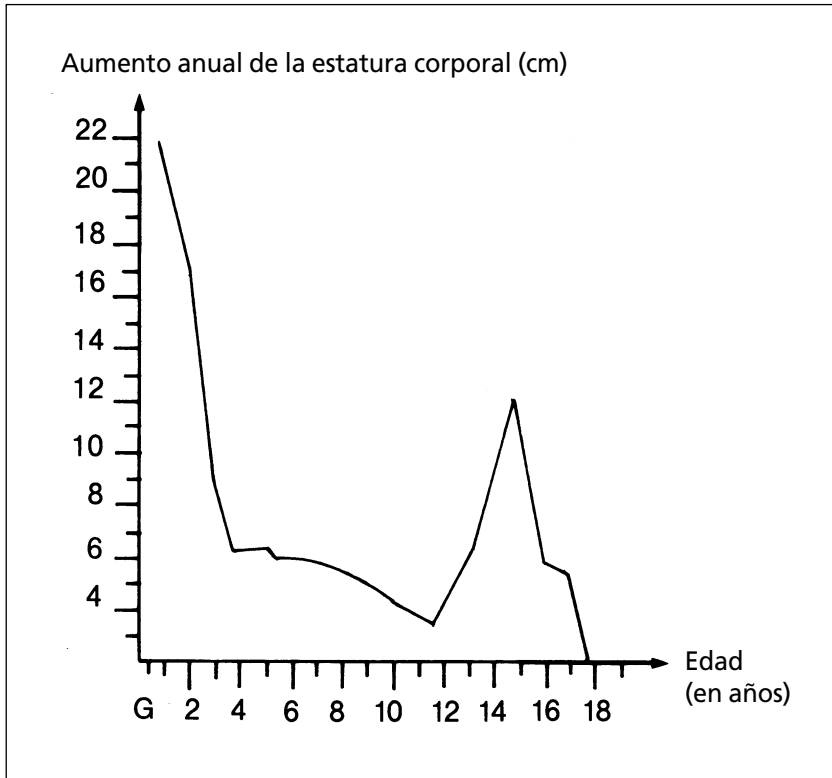


Figura 48. El aumento anual de crecimiento en la edad infantil y juvenil (según Eiben, 1979, 193).

por lo general en las chicas entre el 11º y el 13º año de vida, y en los chicos, entre el 13º y el 15º. Observamos aquí que los diferentes segmentos del esqueleto experimentan su empujón del crecimiento en momentos diferentes:

pies y manos maduran antes que pantorrillas y antebrazos, y éstos, a su vez, antes que muslos y brazos; se constata una *regularidad centripeta del crecimiento* (cf. Zurbrügg, 1982, 53).

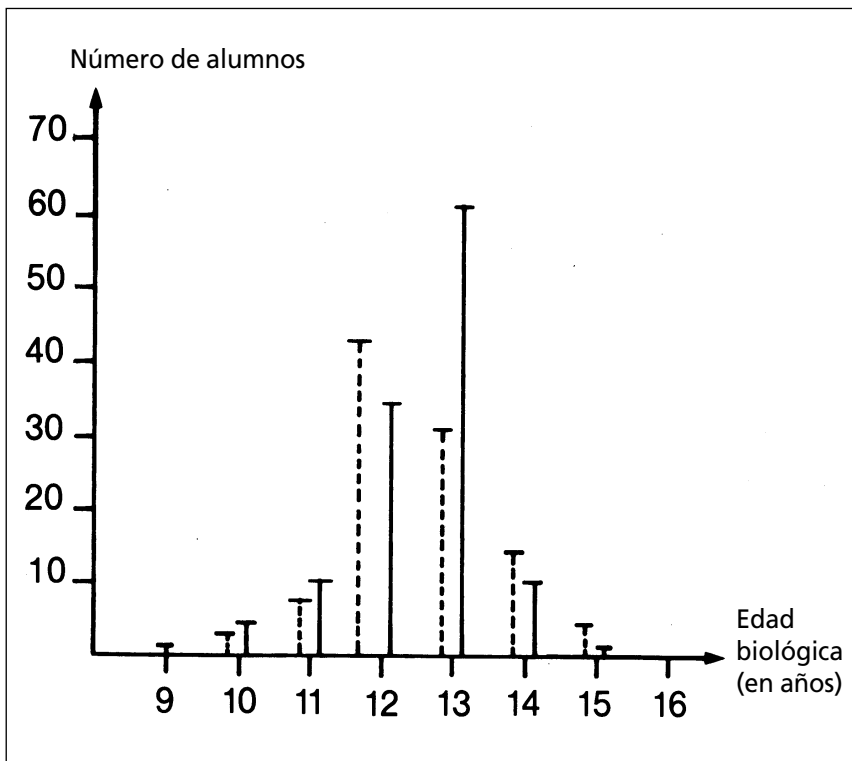


Figura 49. La edad biológica de alumnos (trazo discontinuo) y alumnas (trazo continuo) con una edad cronológica media de 12,9 años. El diagnóstico de la edad se objetivó mediante radiografías de las epifisis de los huesos de la mano (Weineck, según datos de Kemper/Verschuur, 1981, 97).

Valores promedio	Gimnasia de aparatos	Voleibol	Remo (kayak)
Estatura (cm)	147	173	174
Peso (kg)	36,6	56,7	63,0

Tabla 9. Variantes extremas de la dispersión (estatura y peso) en niños “seleccionados” y entrenados para el rendimiento, en la categoría de edad de los 12 años, con ocasión de la espartaquida de 1977 en Leipzig (Winter, 1981, 284)

El inicio de la pubertad supone un profundo corte en el desarrollo psicofísico del niño o del joven, cuyos cambios “revolucionarios” no tienen equivalente en la vida del adulto: sólo tenemos que comparar, por ejemplo, el perfil de cambios entre los 12 y los 16 años de vida con el que observamos entre los años 32-36 o 52-56.

Otro problema especial para el entrenamiento en el grupo o clase de niños de edades *cronológicas* iguales lo plantea el momento de aparición del *empujón de crecimiento puberal*, debido a la amplia dispersión y a su diferente grado de asentamiento.

La figura 49 y la tabla 9 muestran hasta qué punto la edad *cronológica* puede diferir respecto de la edad *biológica*; por lo general se constata, en el ámbito escolar, un margen de dispersión de 5 años desde el alumno más joven biológicamente hasta el más desarrollado, y en el ámbito de la selección deportiva incluso de 7 años.

Hemos de constatar, no obstante, que en los tres tipos de desarrollo el *crecimiento es armónico* en cuanto a la capacidad de rendimiento orgánico, a las dimensiones de los órganos y al sistema esquelético. Numerosos estudios ac-

En los niños de desarrollo normal coinciden la *edad cronológica* y la *edad biológica*. En los individuos *precoces*, la sucesión de las fases del desarrollo corporal se acelera uno o más años, y en los *retardados* dicha sucesión se retrasa uno o más años.

tuales refutan la tesis de un crecimiento inarmónico, tantas veces mencionada en el caso de los individuos *acelerados*, en relación con un desarrollo acelerado del esqueleto frente a un desarrollo más lento de los órganos (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 607).

Como se puede ver en la figura 50, la *edad esquelética* de los individuos acelerados y retardados presenta claras diferencias en comparación con la de los individuos de desarrollo normal. Las desviaciones aumentan con el paso de los años y alcanzan su dimensión máxima en el 13º año cronológico en los chicos y en el 12º en las chicas (cf. Wutscherk/Schmidt/Köthe, 1985, 144).

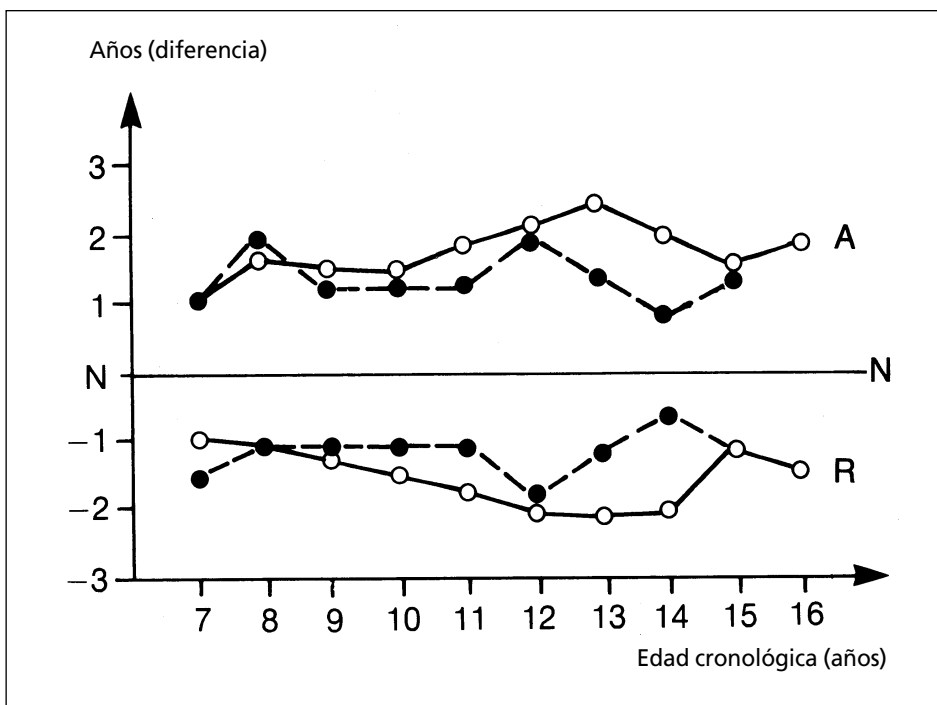


Figura 50. Diagrama para la comparación de los desvios de la edad esquelética de individuos precoces (A) y retardados (R) frente a los de desarrollo normal (N). Trazo continuo: chicos; trazo discontinuo: chicas (de Wutscherk/Schmidt/Köthe, 1985, 144).

Hasta el 16º año de vida (chicos) o el 15º (chicas) no se clasifica a la mayoría de los jóvenes como normales en su desarrollo.

La *edad esquelética* influye claramente sobre la *estatura corporal* (fig. 51). En ambos sexos se acepta que la estatura es mayor en los individuos acelerados que en los de desarrollo normal y que la estatura de éstos supera a su vez la de los retardados.

Frente a lo que ocurre con la edad esquelética, las diferencias de crecimiento en estatura aún no se han compensado en el 16º año de vida. Como la *masa corporal* está en función de la estatura, se acepta asimismo que la masa corporal de los individuos acelerados supera la de los individuos de desarrollo normal y que la de éstos a su vez es mayor que la de los retardados. Ambos sexos presentan los porcentajes medios de masa corporal que figuran en la tabla 10, en comparación con los promedios de masa corporal de su población.

En los ámbitos de condición física sobre todo (fuerza, velocidad, resistencia), los individuos *acelerados* poseen, debido a su mayor estatura y peso, una elevada capacidad

de rendimiento y de carga; la resistencia (cf. fig. 108) y la fuerza están en estrecha correlación con la edad biológica, la estatura y el peso corporal (cf. Frey, 1978, 174); por esta razón la realización de campeonatos escolares, con la consiguiente elaboración de listas de los mejores de la escuela, etc., nos parece muy poco razonable, máxime cuando estos campeonatos, como suele ser la norma, se organizan dentro de las promociones anuales. Las oportunidades de triunfo o de clasificación están exclusivamente en manos de los individuos biológicamente precoces (*acelerados*); en esta "comparación" con los *acelerados* de su misma edad cronológica, los individuos de desarrollo normal o retardado obtienen malos resultados como consecuencia de sus desfavorables condiciones antropométricas, sobre todo en modalidades donde estos parámetros desempeñan un papel importante para determinar el rendimiento, como ocurre, por ejemplo, en atletismo.

Las edades infantil y juvenil como "estadio de transición" hacia la edad adulta presentan otra serie de particularidades, en estrecha conexión con el crecimiento, también importantes para la organización del entrenamiento.

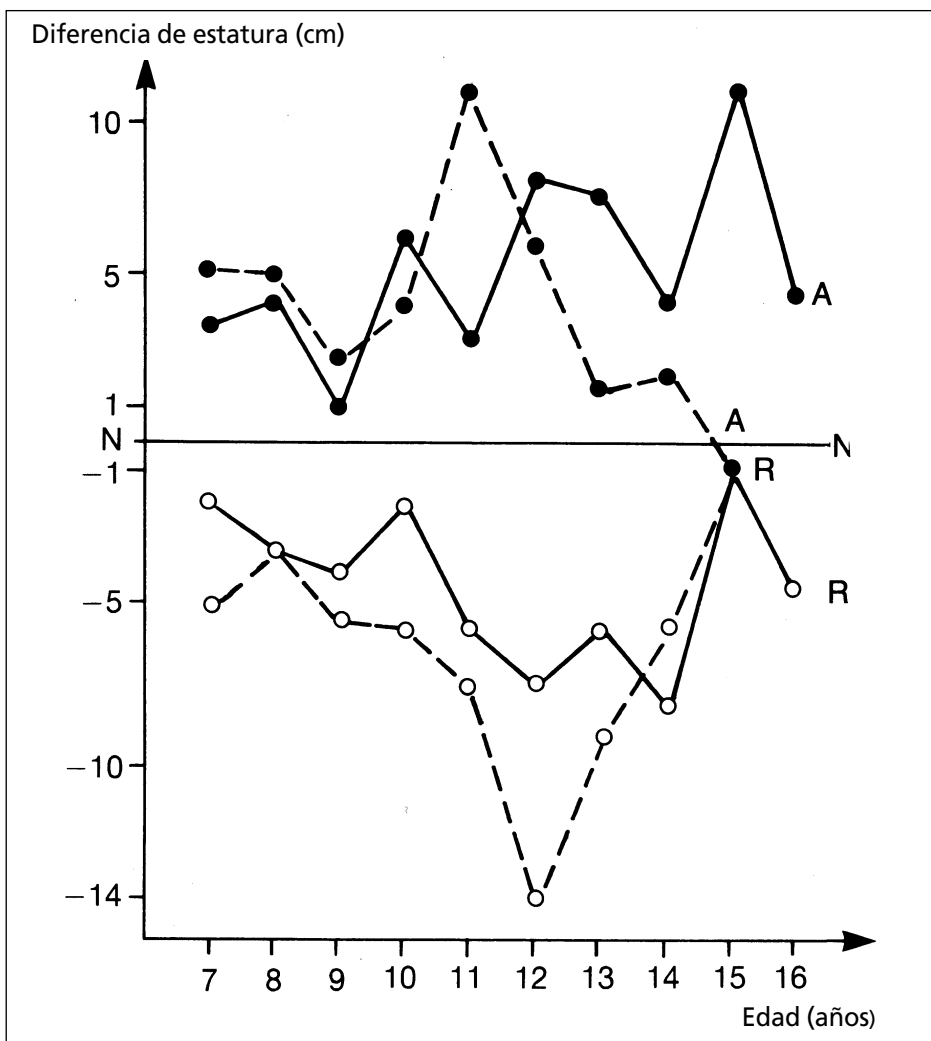


Figura 51. Diagrama de desviaciones de la estatura corporal en individuos acelerados (A) y retardados (R) frente a los de desarrollo normal (N). Los trazos corresponden a los de la figura 50 (de Wutscherk/Schmidt/Köthe, 1985, 144).

	Chicos	Chicas
Retardados	97 % aprox.	96 % aprox.
Desarrollo normal	99 % aprox.	100 % aprox.
Acelerados	102 % aprox.	103 % aprox.

Tabla 10. Masa corporal de chicos y chicas retardados, normales y acelerados en comparación con el promedio de masa corporal de su población (de Wutscherk/Schmidt/Köthe, 1985, 144)

Crecimiento y metabolismo

En el niño y el joven en crecimiento, el *metabolismo constructivo* (anabolismo) desempeña un papel muy especial. Los intensos procesos de crecimiento y de diferenciación, que requieren una amplia serie de procesos de incorporación, reconstrucción y fabricación, originan un aumento del *metabolismo basal*; el metabolismo basal es un 20-30 % aproximadamente más elevado en los niños que en los adultos (cf. Demeter, 1981, 48). También aumentan las necesidades de vitaminas, minerales y nutrientes. No obstante, son las necesidades de proteínas las más elevadas. Los niños necesitan hasta 2,5 g de proteínas por kilogramo de peso corporal, cifra que se corresponde con los requisitos de un deportista “de fuerza” adulto. Las cargas suplementarias pueden incrementar aún estas necesidades.

Con un entrenamiento muy voluminoso e intenso –como ocurre en algunas modalidades donde los rendimientos de elite se alcanzan ya en la edad infantil (patinaje artístico, gimnasia de aparatos, etc.)– predomina en principio el *metabolismo funcional* a costa del *metabolismo constructivo*; esta situación puede plantear un obstáculo para los procesos de crecimiento del organismo infantil y restringir la capacidad de carga global. Por ello es fundamental que en niños y jóvenes los procesos de recuperación y regeneración tengan una duración suficiente.

Crecimiento y aparato locomotor pasivo

La “ley de Mark-Jansen” (cf. Berthold/Thierbach, 1981, 165) sostiene que la sensibilidad del tejido se comporta de forma proporcional a la velocidad de crecimiento. De aquí se deduce que el niño y el joven están expuestos en mayor medida que el adulto a las lesiones por sobrecarga debido a estímulos de entrenamiento *antifisiológicos*. El planteamiento es importante sobre todo para el empujón de crecimiento de la adolescencia, asociado a un riesgo ortopédico por sobrecarga muy elevado. A este respecto debemos tener en cuenta que la capacidad de soportar carga puede ser muy diferente en niños de la misma edad cronológica e incluso biológica.

La figura 52 muestra que una carga dada puede actuar, dependiendo de la situación ortopédica de partida, de forma “biopositiva” o “bionegativa”, esto es, biológicamente favorable o desfavorable.

La capacidad de carga individual de los aparatos óseo, cartilaginoso, tendinoso y ligamentario debe ser la magnitud de rendimiento limitadora a la hora de configurar el entrenamiento, sobre todo el de niños y jóvenes, pues las estructuras en fase de crecimiento no presentan todavía la resistencia ante la carga que encontramos en el adulto.

Los siguientes aspectos se consideran particularidades de las edades infantil y juvenil:

- Los huesos son más flexibles debido a una mayor acumulación relativa de materiales orgánicos más blandos, pero menos resistentes ante la tracción y la presión, lo que supone una reducción global de la capacidad de carga del sistema esquelético en su conjunto.
- Los tejidos tendinoso y ligamentario no son aún suficientemente resistentes ante la tracción debido al menor asentamiento de la estructura micelar –las micelas forman estructuras parecidas a retículos cristalinos– y a un mayor porcentaje de sustancia intercelular (cf. Tittel, 1979, 125).
- El tejido cartilaginoso y las uniones de crecimiento aún sin osificar presentan, dado su alto grado de segmentación, un elevado riesgo ante cualquier fuerza intensa de presión o cortante.

En conjunto se puede afirmar que los estímulos de entrenamiento adecuados al crecimiento, esto es, submáximos, que hagan trabajar el complejo global del aparato locomotor pasivo de una forma *múltiple* y no unilateral, ofrecen un estímulo apropiado tanto para el crecimiento como para la mejora de las estructuras. Por el contrario, las cargas máximas, unilaterales o aplicadas sin preparación al organismo en crecimiento pueden provocar de forma inmediata o a largo plazo (daños tardíos) la destrucción de los tejidos mencionados.

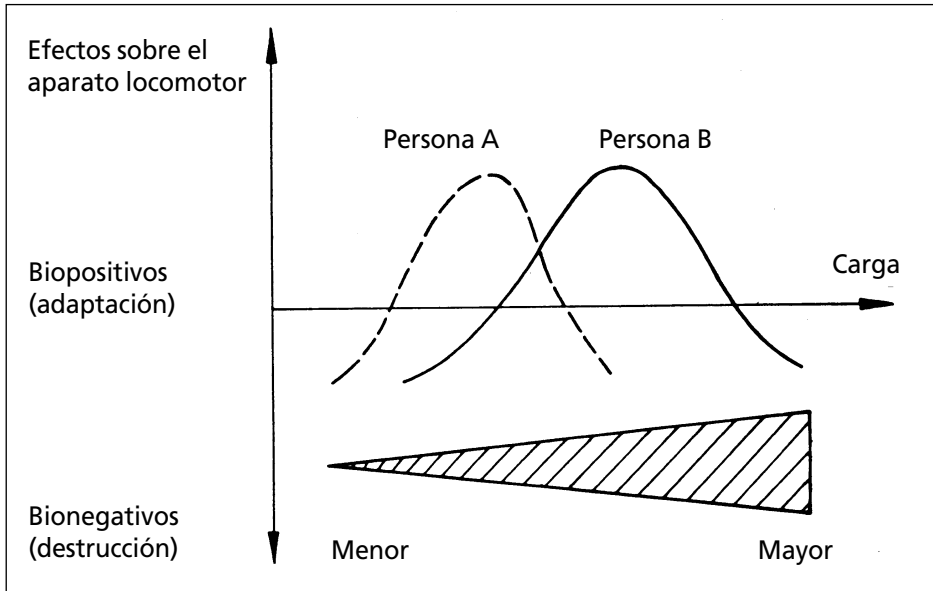


Figura 52. Representación esquemática del efecto de las cargas sobre el aparato locomotor (Berthold/Thierbach 1981, 165, modificado según Nigg y cols.)

En este contexto hemos de señalar aún que las estructuras del *aparato locomotor pasivo* del niño y del joven se adaptan en mayor medida a cargas adecuadas en el sentido biopositivo, pero también que la velocidad de esta adaptación no es comparable con la que se da en el *aparato locomotor activo*: mientras que el músculo presenta ya modificaciones funcionales y morfológicas una semana después de un estímulo de entrenamiento, en huesos, cartílagos, tendones y ligamentos el proceso requiere semanas. Este transcurso lento de la adaptación, unido a una mayor sensibilidad frente a las sobrecargas, impone una *progresión estricta* de la carga en la edad infantil, para garantizar un

tiempo de adaptación suficiente a las estructuras de sustentación pasiva del movimiento, evitando así sobrepasar la capacidad de carga con los correspondientes daños (cf. Weineck, 1982, 35).

La figura 53 muestra que el *periodo de regeneración* en el aparato locomotor pasivo discurre con más lentitud que en el activo, y que los estímulos de carga aplicados demasiado pronto provocan una recuperación incompleta y por tanto un mayor riesgo de las estructuras afectadas.

Así pues, desde el punto de vista ortopédico se pueden plantear las siguientes exigencias para el entrenamiento de fuerza en las edades infantil y juvenil:

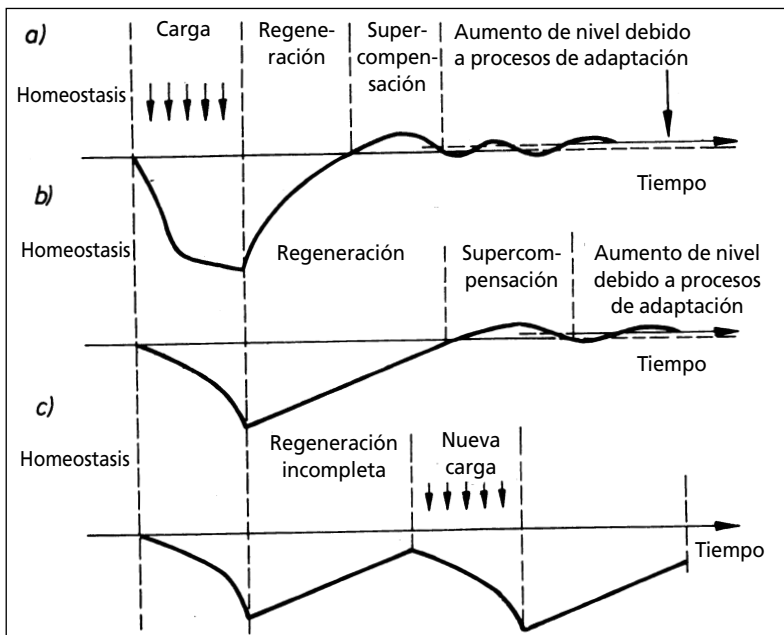


Figura 53. Secuencia hipotética de los procesos de regeneración y de adaptación en el sistema muscular (a), en el sistema ligamentario y de sustentación (b) y después de una regeneración incompleta (c) (Dietrich 1979, modificado de Maer, y citado por Berthold/Thierbach, 1981, 166).

1. Establecer tiempos de recuperación suficientes después de un entrenamiento orientado hacia la fuerza.
2. Evitar cambios bruscos de la carga que afecten un organismo sin preparación.
3. No entrenar con halteras ni trabajar por encima de la cabeza antes o durante el empujón del crecimiento de la adolescencia, pues se puede provocar alteraciones negativas sobre todo en el ámbito de la columna vertebral (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 601; Martin, 1980, 289, entre otros); la carga con el propio peso corporal es un estímulo suficiente para el desarrollo en esta edad.
4. Evitar cargas unilaterales: la *suma de cargas* unilaterales puede dañar en determinadas circunstancias un sistema parcial del aparato locomotor, amenazando así la capacidad funcional del sistema en su conjunto.
5. Evitar cargas estáticas prolongadas: la carga con presión cambiante favorece tanto al *cartilago articular hialino* como al *cartilago fibroso* de los discos intervertebrales. Las cargas *estáticas* empeoran la situación de riego sanguíneo de las estructuras a ellas sometidas, mientras que las cargas *activas* la mejoran; así pues, debemos optar siempre por ejercicios de fuerza de ejecución dinámica.

Crecimiento y aparato locomotor activo

Hasta el inicio de la pubertad, los sexos no se diferencian de forma sustancial ni por su fuerza muscular ni por su estado hormonal (factores ambos en estrecha correlación), ni siquiera tomando como parámetro de comparación la testosterona, hormona sexual masculina tan importante para la síntesis (anabolismo) de proteínas (v. tabla 11).

Edad	Mujeres	Hombres
8-9	20	21-34
10-11	10-65	41-60
12-13	30-80	131-349
14-15	30-85	328-643

Tabla 11. Los cambios en el nivel de testosterona (ng/100 ml) en la edad infantil y juvenil (Reiter/Root, 1975, 128)

El nivel de testosterona es muy bajo en comparación con el de los adultos. Por este motivo, un entrenamiento centrado en la fuerza no es especialmente rentable antes de la pubertad. Poco antes de la primera fase puberal el ni-

vel de testosterona aumenta en los chicos multiplicándose por diez aproximadamente (cf. Reiter/Root, 1975, 128; de Marées 1979, 346); en las chicas el ascenso es significativamente menor. Sobre la base de este poderoso empujón hormonal –que transcurre en paralelo a otras revoluciones hormonales– aparece un *dimorfismo sexual*, esto es, la divergencia entre chicos y chicas en cuanto a factores de rendimiento físicos y a magnitudes antropométricas.

En los chicos llama la atención sobre todo el marcado aumento de masa muscular, ligado a los cambios hormonales mencionados: el porcentaje de músculo pasa en la pubertad del 27 % al 40 % (Israel/Buhl, 1980, 33). En paralelo a este proceso, el aumento de la testosterona provoca una inducción de enzimas que da lugar, entre otros fenómenos, a una mejora de la capacidad muscular *anaeróbica*.

Dado que la capacidad anaeróbica no aumenta de forma notoria hasta la entrada en la pubertad (en niños de corta edad la formación de ácido láctico es aún muy limitada, su máximo se alcanza entre los 20 y los 30 años de vida [cf. Keul, 1982, 31]), las cargas que conllevan una elevada producción de lactato no se deberían aplicar con frecuencia (en la pág. 199 nos ocupamos específicamente de la *capacidad anaeróbica* en la edad infantil).

Como compensación de la menor capacidad glucolítica, el niño dispone de una mayor capacidad para los procesos metabólicos oxidativos: un porcentaje mayor de enzimas oxidativas en relación con las glucolíticas permite a la célula muscular del niño aprovechar con mayor rapidez los ácidos grasos libres, y por tanto proteger las reservas de glucosa en mayor medida que el adulto (cf. Berg/Keul/Huber, 1980, 490 s.). La presencia en los niños de un número de mitocondrias –lugares de producción de energía aeróbica– mayor que en los adultos nos confirma estas apreciaciones (cf. Bell/Mac Dougall/Billeter/Howald, 1980, 28).

Breve caracterización psicofísica de las diferentes etapas de edad. Consecuencias para la configuración del entrenamiento

Para optimizar el entrenamiento infantil y juvenil necesitamos algunos conocimientos básicos de particularidades psicofísicas en las diferentes etapas de edad. Sólo con este bagaje podremos practicar un entrenamiento adecuado a la edad y al estado del desarrollo, acorde con las aspiraciones y necesidades de niños y jóvenes.

En la siguiente descripción no nos ocuparemos de las condiciones anatómo-fisiológicas importantes para el desarrollo de las formas principales de trabajo motor (estas explicaciones se incluyen después de la descripción detallada de dichas formas principales), sino de las particulari-

Etapa de edad	Edad cronológica (años)
Lactancia	0 – 1
Primera infancia	1 – 3
Edad preescolar	3 – 6/7
Edad escolar temprana	6/7 – 10
Edad escolar tardía	10 – entrada en la pubertad (chicas 11/12; chicos 12/13)
Primera fase puberal (pubescencia)	} Pubertad Chicas 11/12 – 13/14 Chicos 12/13 – 14/15 Chicas 13/14 – 17/18 Chicos 14/15 – 18/19
Segunda fase puberal (adolescencia)	
Edad adulta	

Tabla 12. Clasificación de las etapas de edad según la edad cronológica

dades psicofísicas de las diferentes etapas que interesan para la configuración del entrenamiento.

La tabla 12 nos presenta un resumen de la clasificación de edades que utilizaremos en lo sucesivo. Esta clasificación no se debe tomar como un patrón rígido sino como una orientación general: las transiciones son fluidas y están en parte sometidas a oscilaciones individuales considerables.

Lactancia y primera infancia

La edad del lactante y del niño de la primera infancia tiene una importancia decisiva para el desarrollo global del niño. Para el desarrollo motor, el aprendizaje de la marcha y la integración social asociada a este proceso ocupan un lugar de preeminencia. No obstante, esta etapa es irrelevante para la incorporación a un proceso selectivo de ejercicio o de preentrenamiento. Corresponde a los padres la responsabilidad de crear para el niño un entorno psicosocial óptimo y estimulante en el aspecto motor, que se corresponda con las necesidades del niño y favorezca su desarrollo.

Edad preescolar

La edad escolar abarca el período entre los 3 y 6 o 7 años (ingreso en la escuela), y se la conoce como “edad de oro de la infancia”. Esta etapa se caracteriza por una intensa pulsión por el movimiento y el juego, una marcada cu-

riosidad por todo lo desconocido –que se manifiesta con especial claridad en la “edad de las preguntas” entre 4 y 5 años–, el gusto por la fabulación y la predisposición afectiva hacia el aprendizaje. El continuo cambio de actividad en esta edad se explica por una capacidad de concentración escasa debido a un predominio marcado de los procesos cerebrales de estimulación frente a los de inhibición. El niño participa en una gran cantidad de juegos, que cambia y reorganiza de múltiples formas.

El pensamiento del niño en edad preescolar es intuitivo, concreto, próximo a la práctica, estrechamente asociado a la experiencia personal y a una intensa emotividad. Se desarrolla bajo el influjo del juego y de acciones y experiencias motoras prácticas (cf. Demeter, 1981, 60). De aquí se deduce que toda restricción en el juego influye desfavorablemente sobre la capacidad de rendimiento mental. El ingreso en el jardín de infancia (o instituciones similares) supone una primera separación de la casa paterna y conlleva una ampliación del campo de aprendizaje social. Allí el niño, capaz de correr con rapidez, de atrapar un balón o de trepar con habilidad, disfruta de una alta consideración social. La eficacia de sus movimientos convierte a un niño en el compañero de juegos deseado. Las capacidades motoras mejoran de manera sustancial la capacidad de acción social y apoyan el sentimiento de la propia valía.

Hacia el final de la edad preescolar (entre el quinto y el séptimo año de vida) se produce la *primera transformación morfológica*, caracterizada por un aumento de estatura y la pérdida de las proporciones típicas del niño de corta edad.

Consecuencias para la práctica del “entrenamiento”:

El gusto por el movimiento y la disposición al aprendizaje del niño deberían orientarse en una dirección concreta: adquirir una base amplia de destrezas mediante un gran número de ejercicios elementales y mediante la oferta de *oportunidades de aprendizaje*. Los niños en la edad preescolar necesitan una cantidad suficiente de posibilidades motoras que, usando su fantasía y su capacidad para la variación, les inciten a correr y saltar, arrastrarse, trepar, balancearse, colgarse, columpiarse, mecerse, tirar, empujar y acarrear, lanzar y atrapar, entre otras formas de movimiento (cf. Winter, 1981, 194). La actividad deportiva debería organizarse de forma divertida, incidiendo en el gusto y la alegría de participar. Las *historias contadas con movimientos* (que deberían satisfacer el entusiasmo de los niños por narraciones de todo tipo) y la resolución autónoma de *tareas motoras* deberán ampliar el *repertorio motor* y favorecer en los niños la *creatividad motora* y la *experiencia física de sí mismos*.

Edad escolar temprana

La edad escolar temprana abarca el período del ingreso en la escuela (sexto o séptimo año de vida) hasta el décimo año de vida aproximadamente.

Esta edad se caracteriza por un comportamiento motor al principio casi desbocado, que se va tranquilizando hasta alcanzar unos hábitos normales al final de esta fase. La expresión de este gusto desmedido por el movimiento es un *interés por el deporte* próximo al entusiasmo; por ello, la cifra de inscripciones en clubes deportivos es máxima en este momento (fig. 54).

Otras características: equilibrio psíquico, actitud optimista ante la vida, ausencia de preocupaciones; la adquisición de conocimientos y destrezas es entusiasta pero carente de espíritu crítico.

La edad escolar temprana es una etapa óptima para el aprendizaje; ello se explica por las buenas condiciones corporales –los niños son pequeños, ligeros y gráciles, y su relación fuerza-palanca es favorable– y por la mejora de una serie de capacidades: concentración, en comparación con la etapa previa, diferenciación motora fina y recepción y elaboración detallada de la información (cf. Winter, 1981, 255). No obstante, la capacidad de aprender casi al vuelo nuevas destrezas, desarrollada en alto grado durante esta etapa, no va unida a una capacidad igualmente desarrollada de fijar los movimientos recién aprendidos. El predominio, aún presente, de los procesos de excitación,

asociado a unos procesos acentuados de irradiación de la regulación nerviosa central, provoca una “difuminación” fácil del *bucle motor* característico de cada movimiento, dificultando así la retención (cf. Hotz/Weineck, 1983; v. pág. 493). Por este motivo, los movimientos recién aprendidos se deberían repetir a menudo en esta edad, para integrarlos de forma estable en el repertorio motor del niño (cf. Demeter, 1981, 77/78).

Consecuencias para la práctica del entrenamiento:

Las condiciones psicofísicas en esta etapa, extremadamente favorables para la adquisición de destrezas motoras (la ampliación del repertorio motor y la mejora de las capacidades coordinativas son el punto central de la formación deportiva durante toda la edad escolar, temprana y tardía), se deberían aprovechar para aprender un gran número de *técnicas básicas* en la coordinación gruesa y para refinarlas posteriormente. El trabajo *multidisciplinar* debería ser un asunto prioritario. En modalidades que requieren una formación técnica de varios años, iniciada en un momento temprano (como, p. ej., patinaje artístico, gimnasia de aparatos, etc.) hemos de procurar que se aprenda ya la técnica refinada. No obstante, el entusiasmo de los niños por el deporte se debería aprovechar con una práctica de ejercicios motivadora y acompañada de vivencias de éxito, hasta que se desarrollen actitudes y hábitos que aseguren la continuación de la práctica deportiva durante toda la vida.

Edad escolar tardía

La edad escolar tardía comienza a los 10 años de vida aproximadamente y dura hasta la entrada en la pubertad.

Esta etapa se suele considerar como “la mejor edad del aprendizaje” (aprendizaje *a primera vista*). No obstante, las diferencias con la etapa anterior son sólo graduales, las transiciones son fluidas.

La continua mejora de las relaciones peso-fuerza (mayor crecimiento en anchura, optimización de las proporciones y aumento relativamente marcado de la fuerza con escaso aumento de estatura y de masa [cf. fig. 48]) proporciona a los niños, sobre todo si se les plantean las correspondientes exigencias, un elevado dominio del cuerpo (“agilidad felina”). Ello se explica también porque a la edad de entre 10 y 11 años el *aparato vestibular* (órgano del equilibrio) y los restantes *analizadores* (v. pág. 486) experimentan una rápida maduración morfológica y funcional, alcanzando valores casi propios de adultos (cf. Demeter, 1981, 84). Por ello, en la edad escolar tardía se puede

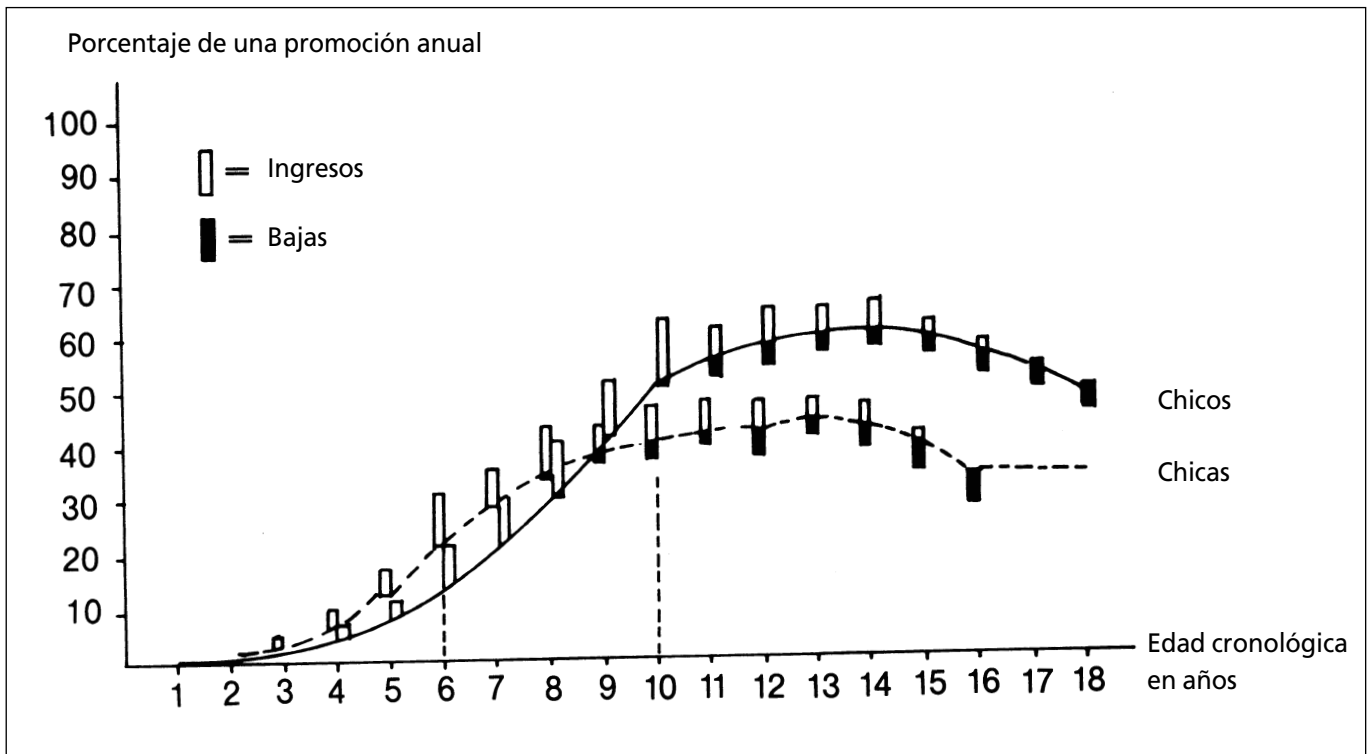


Figura 54. Período de alta, ingreso y baja en el club deportivo como una función de la edad y del sexo (de Sack, 1982, 40).

aprender y dominar ya –con su correspondiente trabajo previo– movimientos de notable dificultad, con exigencias elevadas en cuanto a la orientación espacio-temporal. Dado que en esta etapa subsiste una marcada pulsión por el movimiento, y dado que la disposición para la acción, el ánimo y la disposición al riesgo ejercen un influjo extraordinariamente favorable sobre la capacidad de desarrollo motor, nos encontramos a esta edad en una *fase clave* para las capacidades motoras posteriores: los atrasos en ella se recuperan sólo con dificultad y con un gasto de energía incomparablemente superior.

Consecuencias para la práctica del entrenamiento:

La “mejor edad para el aprendizaje” debería asegurar, a través de un *ejercicio selectivo* variado y apropiado para el niño, la adquisición de las técnicas deportivas básicas en la forma gruesa, y de ser posible incluso en la forma fina. La ampliación multilateral del repertorio de movimientos no debería incluir un “gran surtido” de movimientos de escasa calidad y a medio aprender, sino destrezas motoras aprendidas con exactitud. Así pues, se debería aprovechar desde un principio la capacidad de aprendizaje elevada para adquirir movimientos exactos;

es muy importante evitar la “automatización” de movimientos incorrectamente aprendidos para no tener que *reaprenderlos* con posterioridad (v. pág. 512).

Los fundamentos coordinativos para los posteriores rendimientos máximos se cimentan en las edades escolares temprana y tardía. No obstante, constatamos que todas las etapas de la edad se encuentran en una mutua y estrecha relación de dependencia: las etapas siguientes se estructuran siempre sobre la base de las etapas anteriores.

Primera fase puberal (pubescencia)

La primera fase puberal –conocida también como segunda transformación morfológica– comienza entre los 11 y 12 años en las chicas y entre los 12 y 13 en los chicos, y se prolonga hasta la edad de 13-14 o de 14-15 años.

Los cambios bruscos en la existencia física –irrupción de la sexualidad, disgregación de las estructuras infantiles, empujones marcados que afectan las proporciones (aumento anual de estatura de hasta 10 cm y de peso de hasta 9,5 kg)– provocan una acentuada inestabilidad psíquica, alimentada además en gran medida por la inestabilidad

hormonal. La nueva existencia corporal tiene que pasar por un proceso de elaboración psíquica.

Con la entrada en la pubertad, el proceso de separación de la casa paterna experimenta un nuevo impulso. Como rasgos característicos podemos mencionar un comportamiento crítico y un cuestionamiento de las autoridades hasta entonces aceptadas. El deseo de independencia y responsabilidad propia se sitúa en un primer plano. La discrepancia entre el querer y el poder provoca a veces fuertes conflictos con el mundo de los adultos, un distanciamiento frente a los padres, profesores y entrenadores, con el correlato de una mayor dedicación al grupo de la misma edad. El grupo de coetáneos es la medida de todas las cosas. Se otorga un gran valor a las actividades comunes de la cuadrilla de amigos.

Del entorno social se espera experiencia y respeto mutuo; en el ámbito deportivo esto se refiere sobre todo al profesor y al entrenador. El derecho democrático a tener voz en el momento de organizar el ejercicio deportivo y la participación activa en dicha organización son exigencias básicas en esta etapa de edad.

El cambio completo de la existencia psicofísica y social conlleva profundas transformaciones en el abanico de intereses generales, circunstancia que no deja de incidir sobre el interés por el deporte (fig. 55). También sufren una profunda transformación las expectativas asociadas a la actividad deportiva (fig. 55).

La figura 55 muestra que el interés por el deporte disminuye de forma abrupta con la entrada en la pubertad. La actividad deportiva, que en la edad escolar era poco menos

que “el sentido de la vida”, sufre una fuerte presión de sus competidores y pierde relevancia.

La figura 56 muestra que la actividad deportiva se basa sobre todo en la necesidad de contacto social con personas de la misma edad. La emulación, la rivalidad y la necesidad de competir han perdido terreno en comparación con las etapas previas del desarrollo.

Consecuencias para la práctica del entrenamiento:

El fuerte aumento de estatura y peso, que se refleja en un pronunciado empeoramiento de las relaciones peso-fuerza, suele producir pérdidas en la capacidad de rendimiento coordinativo. La precisión de la regulación motora deja bastante que desear: los movimientos excesivos son típicos de esta edad. Por otra parte, la pubertad es la edad de la *entrenabilidad máxima* de las características físicas, y específicamente la primera fase puberal. Estas nuevas circunstancias exigen el correspondiente enfoque del entrenamiento. Así pues, en la primera fase puberal se mejoran punto por punto las *capacidades físicas*, mientras que las coordinativas se estabilizan únicamente, o se consolidan poco a poco en el mejor de los casos.

El predominio del *análisis intelectual* en esta edad permite nuevas formas de aprendizaje motor y de organización general del entrenamiento. Dado el nuevo catálogo de expectativas del joven, se debería conceder más importancia a la participación en el momento de planifi-

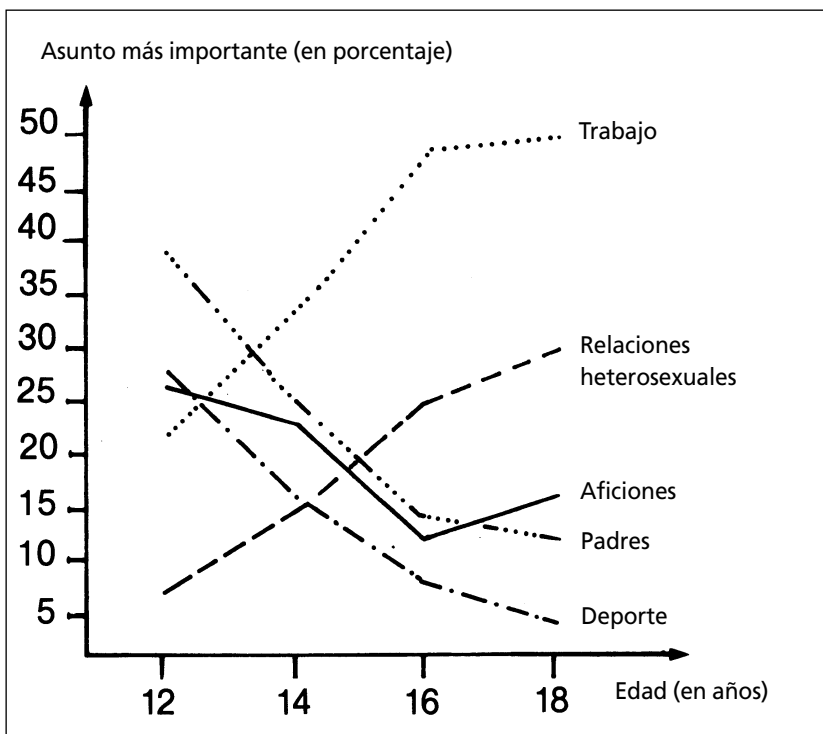


Figura 55. Evolución de la perspectiva vital en la edad juvenil (de Sack, 1982, 39).

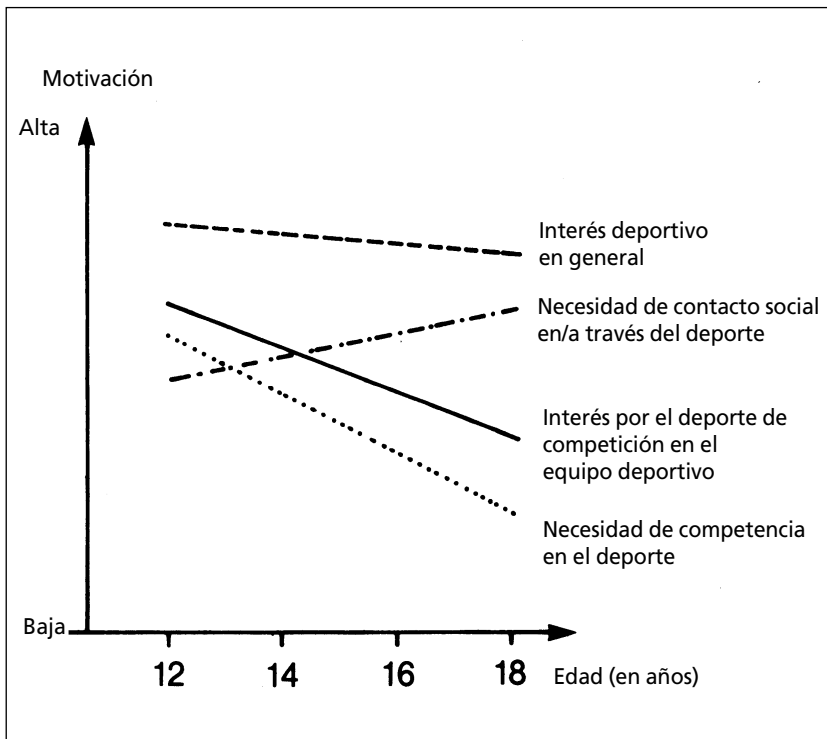


Figura 56. Evolución de la motivación deportiva en la edad juvenil (de Sack, 1982, 44).

car a la propia realización en la cuadrilla de amigos y a una oferta de entrenamiento amplia (aprender, ejercitar, jugar), individualizando cada vez más el control de la actividad. Los conflictos latentes se deberían clarificar a la luz del día, sin adoptar posturas de autoridad. A la hora de dosificar la carga, se deberían tener en cuenta las fuertes oscilaciones en el abanico de motivaciones del joven.

La primera fase puberal es época de transformaciones bruscas. Los errores en la configuración del entrenamiento (demasiado duro, demasiado unilateral), y sobre todo en el trato con el joven, son las causas primordiales del abandono de la actividad deportiva, precisamente en una época en la que los estímulos del desarrollo deportivo revisten una especial importancia. Con un régimen de trato prudente, igualitario y respetuoso con la autonomía y los deseos del joven, y con un programa de entrenamiento dosificado de forma individual, el entrenador asume la difícil tarea de mantener y estabilizar la motivación deportiva de su alumno, y de resolver las situaciones de conflicto con el necesario grado de sensibilidad pedagógica.

Segunda fase puberal (adolescencia)

La adolescencia comienza entre los 13 y 14 años en las chicas y entre los 14 y 15 en los chicos, prolongándose hasta la edad de 17 y 18 o 18 y 19. La adolescencia supone

la conclusión del desarrollo que media entre niño y adulto. Se caracteriza por un debilitamiento de todos los parámetros de crecimiento y desarrollo. Si en el joven de 13 o 14 años el aumento anual de estatura y peso alcanzaba en ciertos casos los 10 cm y los 9,5 kg, ahora no se pasa ya de 1-2 cm y de 5 kg (cf. cita de Szögy en Demeter, 1981, 154). El rápido crecimiento en altura es sustituido por un mayor crecimiento en anchura. Las proporciones se armonizan, lo que incide de modo favorable en la mejora de las capacidades coordinativas. El aumento de la fuerza y la capacidad de almacenar engramas –máxima en esta edad– crean unas condiciones óptimas para el progreso de la capacidad de rendimiento deportivo. Dado que en la adolescencia se pueden trabajar las capacidades físicas y coordinativas de idéntica forma y con igual intensidad, esta etapa supone, después de la edad escolar tardía, una nueva fase de mejora intensa del rendimiento motor. Los movimientos más difíciles se aprenden con rapidez y se retienen sin dificultades.

Se observa en esta época una situación de equilibrio psíquico, que tiene su efecto positivo para el proceso del entrenamiento. El equilibrio se basa principalmente en una estabilización de la regulación hormonal, que en la primera fase puberal presentaba aún cambios pronunciados: los mecanismos de regulación neurohumorales entre hipotálamo e hipófisis experimentan un ajuste definitivo; en comparación con la fase anterior, los receptores del hipotálamo, centro regulador jerárquicamente superior, reaccionan ya con cantidades relativamente

grandes de hormonas reguladoras y ponen en marcha los correspondientes mecanismos de retroalimentación (cf. Demeter, 1981, 107). La situación de equilibrio creciente que se observa tras la primera fase puberal está condicionada también por la influencia compleja de la escuela, la familia y la sociedad, que provoca un marcado desarrollo de la personalidad y una mayor integración social.

Consecuencias para la práctica del entrenamiento:

El equilibrio de las proporciones corporales equilibradas, la estabilidad mental y una mayor capacidad de raciocinio y de observación convierten la adolescencia en la “segunda edad de oro del aprendizaje”. La capacidad de carga psicofísica, similar a la del adulto, y la plasticidad, aún conservada, del sistema nervioso central, típica de todo el período de crecimiento, permiten efectuar un entrenamiento voluminoso e intenso. Hacia el final de la adolescencia estamos ya en la edad de máximo rendimiento en algunas modalidades, y conviene por tanto adoptar casi todos los métodos y contenidos de entrenamiento del deporte de adultos. La adolescencia se debería aprovechar para perfeccionar las técnicas específicas de la modalidad y para adquirir la condición física necesaria.

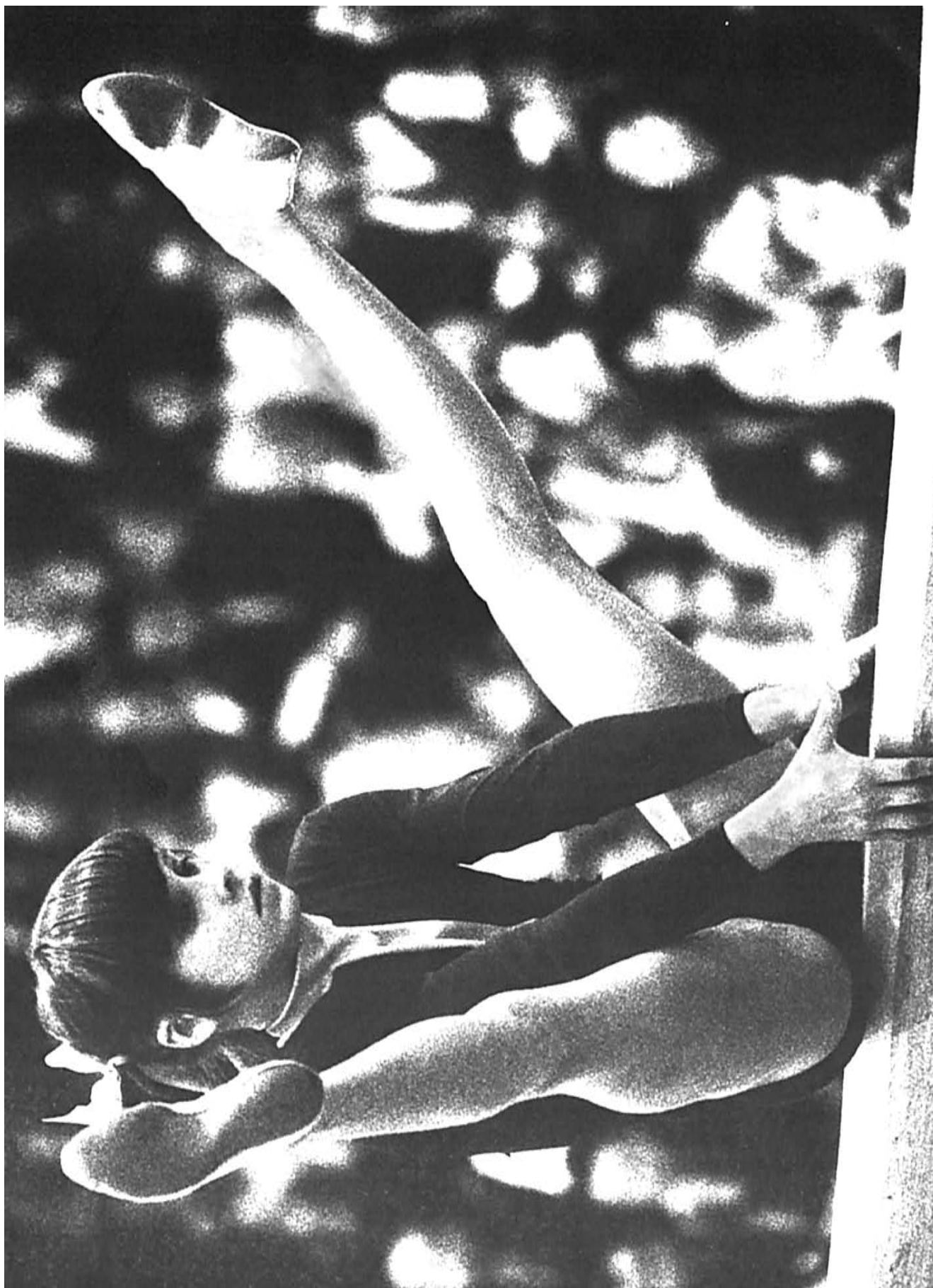
Consideraciones finales como resumen sobre el entrenamiento en las edades infantil y juvenil

- El entrenamiento de niños y jóvenes no es un entrenamiento de adultos reducido.

Toda etapa de edad tiene sus tareas didácticas especiales y sus particularidades específicas del momento del desarrollo.

- Las propuestas de estímulos y de aprendizaje tienen que orientarse en función de las *fases sensibles*.

La fase de la *prepubertad* se presta sobre todo a la mejora de las *capacidades coordinativas* y a la ampliación del repertorio de movimientos, y el período de *pubertad*, sobre todo al trabajo de las *capacidades físicas*. Hay que tener en cuenta, no obstante, que la coordinación (técnica) y la condición física se han de desarrollar siempre en paralelo, aun destacando uno u otro aspecto.



11 Búsqueda y promoción de talentos en las edades infantil y juvenil

Definición

En los diversos intentos por definir el concepto “talento”, se suele distinguir entre un enfoque *estático* y otro *dinámico*.

El concepto *estático* del talento incluye como rasgos característicos los siguientes cuatro conceptos (Joch, 1992, 83):

- condiciones, que hacen hincapié en las capacidades;
- disposición, que destaca la voluntad;
- entorno social, que determina las posibilidades, y
- resultados, que documentan los rendimientos realmente conseguidos.

En la visión *dinámica* del talento, éste no se “estructura” a no ser en el transcurso de un proceso activo y dirigido hacia un objetivo (“especificación”), y este proceso es una transformación que abarca la personalidad en su conjunto (cf. Mühle, 1971, 93; Joch, 1992, 87).

El concepto *dinámico* del talento incluye, pues, tres rasgos característicos principales, a saber:

- el proceso de cambio activo;
- la regulación mediante el entrenamiento y la competición, y
- el acompañamiento pedagógico.

Así pues, el concepto *dinámico* del talento se puede describir de la forma siguiente, centrándonos en el aspecto del desarrollo y siguiendo a Joch (1992, 87):

“El desarrollo del talento es un proceso de cambio activo, acompañado de una pedagogía y regulado de forma selectiva por el entrenamiento, y constituye la base de un nivel de rendimiento (deportivo) elevado que se podrá conseguir posteriormente.”

Basándose en estos intentos de definición estática y dinámica, Joch (1992, 90) define el talento de la manera siguiente:

Tiene talento, o es un talento, aquella persona que, sobre la base de sus condiciones, su disposición para el rendimiento y las posibilidades de su entorno vital real, consigue resultados de rendimiento superiores al promedio de su edad y susceptibles de desarrollarse (a ser posible, además, acreditados en competición); dichos resultados son producto de un proceso de cambio activo, acompañado de una pedagogía, regulado de forma selectiva por el entrenamiento y orientado con perseverancia hacia un nivel de rendimiento (deportivo) elevado que se conseguirá posteriormente.

Esta definición integradora del talento que plantea Joch nos parece más acertada que los diferentes enfoques estáticos o dinámicos actualmente en curso.

Así pues, por *talento deportivo* entendemos la totalidad de las condiciones del niño o del joven que le habilitan para conseguir y desarrollar rendimientos deportivos. El nivel y las posibilidades de desarrollo de estas condiciones de rendimiento están determinados por las predisposiciones y por el proceso de la actividad. Así pues, la aptitud se ha de entender como un resultado de la confrontación activa de la personalidad con el entorno (cf. Thiess/Schnabel/Baumann, 1980, 63).

Según Ulbrich (1974, 285), el 6 % aproximadamente de todas las personas, dentro de una distribución normal en la población, presenta un valor elevado, por encima del promedio, de algún rasgo característico.

De acuerdo con los estudios de Joch (1992, 206), los talentos múltiples aparecen sólo en un 3 % dentro de un colectivo considerado como grupo de talento.

Así pues, un talento deportivo en una disciplina individual, y en mucho mayor medida un talento deportivo con varias cualidades destacadas, supone una variante extrema en la distribución de rasgos característicos relevantes para el deporte (cf. Ulbrich, 1973, 374).

Búsqueda de talentos

La expresión *búsqueda de talentos* se utiliza en el sentido de *selección* de talentos deportivos para su promoción, efectuada por diferentes instituciones en diferentes niveles (cf. Röthig, 1983, 314).

Selección de talentos

Por *selección* entendemos la decisión sobre la formación y el ingreso en la competición de un deportista en una determinada modalidad o disciplina, en un determinado momento y durante un determinado período (cf. Hofmann/Schneider, 1985, 45).

La calificación de aptitud y la decisión de seleccionar constituyen una unidad.

Promoción de talentos

Por *promoción del talento* entendemos una serie de medidas selectivas para el desarrollo de las capacidades y destrezas específicas de una modalidad, sobre todo en deportistas jóvenes y dotados (cf. Röthig, 1983, 313).

Métodos de la promoción de talentos

Existen, según Joch (1992, 64), métodos muy diferentes para promocionar a jóvenes talentos:

- “Dejar crecer”

El juego en la calle se considera la reserva de talentos propiamente dicha, por ejemplo, en fútbol, baloncesto o voleibol; el natural encuentro diario con las condiciones ambientales de nieve y hielo se considera la mejor cantera en modalidades como patinaje y hockey sobre hielo; en estos planteamientos subyace la idea básica del “dejar crecer” (cf. Joch, 1992, 65). En el juego, los niños y jóvenes

perfeccionan sus capacidades específicas de la modalidad de una manera a veces increíble: pensemos, por ejemplo, en los jóvenes virtuosos del monopatín y similares.

- “Reducción de los grados de libertad”

Como ejemplo se cita aquí el principio, aplicado a menudo en los países del antiguo bloque socialista, del inicio lo más temprano posible y de la carga máxima posible.

Mocker (1988, 79/80) justifica de la manera siguiente esta reducción de los grados de libertad:

“Un inicio lo más temprano posible debería provocar que el desarrollo biológico se asociara (y no precediera) a una carga elevada, con lo cual una capacidad de carga elevada durante toda la vida de rendimiento deportivo se convertiría en un hecho natural, incluso en una necesidad (“impronta” del deporte de rendimiento); asimismo, debería favorecer un aumento prolongado del volumen de entrenamiento y, partiendo de éste, de la intensidad (que implica riesgo de lesiones y consumo de sustancias); supondría también aprovechar la “mejor edad de aprendizaje motor” para la adquisición de técnicas complejas específicas (!) de la modalidad (especialización temprana), y aprovechar la desinhibición infantil para el aprendizaje de dificultades pronunciadas (p. ej., en gimnasia, salto de trampolín, etc.)”

- “Multilateralidad intencional”

Con esta expresión nos referimos al intento de desarrollar el rendimiento deportivo partiendo desde la actividad multilateral (v. el tratamiento específico del tema en pág. 579) y llegando a la especialización, desde la formación general amplia hasta los contenidos de entrenamiento específicos (cf. Thiess, 1976, 515).

El camino hacia el éxito se encuentra necesariamente en una mezcla óptima de estos planteamientos sobre la promoción de talentos.

Tesis sobre la promoción de talentos

Basándose en un largo período de estudios, Joch (1992, 317-327) resume la problemática de la promoción de talentos en 21 tesis, que presentamos seguidamente en una formulación lo más concisa posible:

1. La noción principal en el tema del talento es la promoción de talentos. “La búsqueda, el reconocimiento, la selección y la conservación de talentos son conceptos que sólo adquieren su validez especial, su significado y su eficacia práctica asociados con el aspecto de la promoción” (Joch, 1992, 317).

2. El reconocimiento de talentos es un proceso dinámico que se plasma en el entrenamiento. “Los talentos se reconocen en el entrenamiento sistemático y por lo general no se encuentran a través de procedimientos diagnósticos –tests u observaciones– realizados una única vez, ni se reclutan a través del sistema de competición por equipos cuando dicha competición se utiliza como instrumento único de diagnóstico” (Joch, 1992, 317).
3. El carácter de pronóstico inherente al tema del talento se resume en la idea de que la prioridad corresponde al rendimiento final posible, no al rendimiento inicial (juvenil).
La relación entre ambos –el rendimiento final y el inicial– es menos estrecha de lo que comúnmente se supone (Joch, 1992, 318).
En este contexto hemos de señalar la escasa validez del test para registrar los talentos en las modalidades de esprint (v. pág. 422).
4. El entrenamiento es un componente irrenunciable de la promoción de talentos.
5. La promoción de talentos en el deporte tiene lugar dentro de un esquema de entrenamiento sistemático, a largo plazo y minucioso.
6. La promoción de talentos se basa en los principios y las regularidades del desarrollo.
“Los cambios ... no sólo se refieren al nivel de rendimiento motor y deportivo ... sino que abarcan los diferentes ámbitos de la personalidad –inteligencia, plano somático, motivación, entre otros– y por tanto la personalidad en su conjunto” (Joch, 1992, 320).
7. El desarrollo de talentos se encuentra en medio de un campo de fuerzas opuestas, en una disyuntiva entre el carácter abierto, por una parte, y la canalización, por otra.
“La canalización limita por una parte el abanico de las posibles direcciones de formación ...” Por otra parte, es “un requisito importante para que el desarrollo del rendimiento alcance el nivel necesario” (Joch, 1992, 321).
8. La definición completa del talento incluye un componente estático y otro dinámico (cf. pág. 111).
9. El marco referencial teórico en el tema del talento es un modelo de motricidad orientado hacia la personalidad.
10. La promoción del talento es también un proceso de selección.
11. El desarrollo de talentos deportivos se caracteriza por un tejido de relaciones de dependencia entre un gran número de características motoras, físicas, psíquicas y sociales, cuya eficacia sólo se maximiza en el sentido de la perspectiva final (objetivos) de la promoción de talentos.
12. El talento (deportivo) es una materia prima importante a nivel social. La socialización y las normas sociales determinan el proceso de promoción y desarrollo de talentos.
13. La fluctuación en la promoción de talentos se encuentra en relación lógica y objetiva con los procesos de selección, por una parte, y con el nivel de limitación de los grados de libertad dentro del proceso de desarrollo del rendimiento a largo plazo, por otra.
14. La edad para el inicio del entrenamiento en el contexto de la selección de talentos está en función de las exigencias objetivas de cada modalidad y de las particularidades del entrenamiento en cada edad.
“El inicio temprano del entrenamiento no significa especialización temprana. La especialización temprana no tiene el carácter de cimentación que tiene el entrenamiento, imprescindible para la promoción de talentos” (Joch, 1992, 324).
15. Como entrenador especializado en promoción de talentos sirven sobre todo aquellas personas con capacidad de enriquecimiento (*enrichment*).
“El entrenamiento de promoción de talentos se caracteriza por el enriquecimiento de las exigencias de rendimiento durante el proceso de aprendizaje y entrenamiento de talentos deportivos, lo cual supone aportar al proceso formativo los siguientes instrumentos pedagógicos: multilateralidad, generalidad, variedad, exhaustividad, atractivo y amenidad” (Joch, 1992, 324).
16. El trabajo de entrenamiento para la promoción de talentos está determinado por el principio de unidad de lo general y lo especial.
17. En la promoción de talentos rige el principio de unidad de entrenamiento y competición: los principios del entrenamiento se reflejan en la competición y las exigencias de la competición determinan el contenido, el volumen y la intensidad del entrenamiento.
18. La colaboración entre escuela y sociedad deportiva en el ámbito de la promoción de talentos puede ser lógica y deseable si no se cuestionan los objetivos del deporte de rendimiento ni se restringe la etapa inicial de las medidas de promoción de talentos, esto es, el entrenamiento básico motor.
19. La promoción de talentos no es un mecanismo con una intención primordialmente pedagógica; no obstante, debería incluir un acompañamiento de medidas pedagógicas, pues el grupo humano al que va dirigida está formado por niños y jóvenes.

20. Aparentemente no existe un perfil unitario de los individuos altamente dotados; se observa una gran riqueza de variedades, pero también un considerable predominio de la motivación por el rendimiento, disposición a la fatiga y un nivel de exigencia generalmente elevado.
21. El desarrollo de talentos en el deporte está subordinado a un objetivo –el mayor rendimiento posible del individuo– y se encuentra en un campo de fuerzas opuestas cuyos polos son, por una parte, la preparación continua a largo plazo, con un entrenamiento planificado y sistemático, y por otra parte, la espontaneidad, el azar y la improvisación.”

Importancia de la búsqueda de talentos y la determinación de aptitudes

La selección de talentos deportivos debe hacerse de forma correcta y a su debido tiempo, pues los rendimientos deportivos máximos en términos absolutos sólo se consiguen con una preparación sistemática y a largo plazo, que puede necesitar un período de tiempo de 6 a 10 años (cf. DSB, 1973, 7). Esto significa que antes de la edad de máximo rendimiento debe delimitarse el período de entrenamiento correspondiente a la disciplina deportiva (tabla 13), para conseguir la capacidad de rendimiento óptima en el momento correcto.

Modalidad	Zona I		Zona II		Zona III	
	Primeros éxitos		Rendimientos óptimos		Estabilización de los rendimientos máximos	
Atletismo	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
100 m	19-21	17-19	22-24	20-22	25-26	23-25
200 m	19-21	17-19	22-24	20-22	25-26	23-25
400 m	22-23	20-21	24-26	22-24	27-28	25-26
800 m	23-24	20-21	25-26	22-25	27-28	26-27
1.500 m	23-24		25-27		28-29	
5.000 m	24-25		26-28		29-30	
10.000 m	24-25		26-28		29-30	
Maratón	25-26		27-30		31-35	
110 m vallas	22-23	18-20	24-26	21-24	27-28	25-27
400 m vallas	22-23		24-26		27-28	
3.000 m obstáculos	24-25		26-28		29-30	
20 km marcha	25-26		27-29		30-32	
50 km marcha	26-27		28-30		31-35	
Salto de altura	20-21	17-18	22-24	19-22	25-26	23-24
Salto con pértiga	23-24		25-28		29-30	
Salto de longitud	21-22	17-19	23-25	20-22	26-27	23-24
Triple salto	22-23		24-27		28-29	
Lanzamiento de peso	22-23	18-20	24-25	21-23	26-27	24-25
Lanzamiento de disco	23-24	18-21	25-26	22-24	27-28	25-26
Lanzamiento de jabalina	24-25	20-22	26-27	23-24	28-29	25-26
Lanzamiento de martillo	24-25		26-30		31-32	
Decatlón	23-24		25-26		27-28	
Pentatlón		21-22		23-25		26-28

Tabla 13. Las zonas de edad en diferentes modalidades y disciplinas atléticas (Lempar, citado en Adolph, 1979, 17)

Factores de la búsqueda de talentos y la determinación de aptitudes

En la búsqueda de talentos debe tenerse en cuenta varios condicionantes o factores de rendimiento que ejercen una influencia sobre el talento deportivo (cf. Hahn, 1982, 85):

- *Condiciones antropométricas* como estatura, peso, constitución corporal, proporciones, situación del centro de gravedad del cuerpo.
- *Características físicas* como resistencia aeróbica y anaeróbica, fuerza estática y dinámica, velocidad de reacción y de acción, flexibilidad y otras.
- *Condiciones técnico-motoras* relacionadas con la capacidad de equilibrio, sensación del espacio, de la distancia, de la velocidad, del balón, del agua, de la nieve, etc., capacidad de expresión, musicalidad y capacidades rítmicas.
- *Capacidad de aprendizaje*, reflejada en dotes de comprensión, capacidades de observación y de análisis.
- *Disposición al rendimiento*, con cualidades como disposición a la fatiga, tenacidad, constancia en el entrenamiento, tolerancia ante la frustración.
- *Capacidades cognitivas* como concentración, inteligencia motora (p. ej., inteligencia de juego), creatividad, capacidades tácticas.
- *Factores afectivos* como estabilidad psíquica, disposición a la competición, aguante en la competición y capacidad para dominar la tensión.
- *Factores sociales* como asunción de papeles, espíritu de servir al equipo, etc.

El problema de los dictámenes de pronóstico acerca de un “talento” radica en la estabilidad de las características observadas. La cuestión de la estabilidad de las características humanas en el transcurso del desarrollo del niño y el joven ocupa, por tanto, un lugar fundamental en la búsqueda de talentos con rigor científico (cf. Zaciorski y cols., 1974, 240). Sin embargo, éste es el problema que sigue sin resolverse. Como constatan Hommel/Schwanbeck/Steinbach (1977, 1831) –y en torno a esta apreciación apenas se han producido cambios esenciales–, la ciencia del deporte carece casi por completo de criterios “que permitan seleccionar ejercicios de test desde el punto de vista del desarrollo positivo del rendimiento”.

Proceso de selección y formación de talentos en el deporte

Como se puede ver en la figura 57, dependiendo del nivel de partida y la etapa de entrenamiento, se plantean diferentes criterios de selección.

Sobre la selección de niños y jóvenes entre la población no entrenada

A partir de la edad de alto rendimiento se distinguen, en cada una de las modalidades (cf. Harre, 1979, 24; v. pág. 123), una serie de etapas de edad en relación con el inicio del entrenamiento. Al margen de esto, la primera actuación selectiva se suele centrar en el ámbito de los individuos no entrenados. Así, la primera selección se efectúa ya durante la clase de educación física o en la actividad deportiva extraescolar. El propósito sería ganar para un entrenamiento regular sobre todo a aquellos chicos y chicas que destacan por un *nivel superior al promedio en las condiciones de rendimiento o en los rendimientos* especialmente relevantes para la modalidad o el grupo de modalidades en cuestión (perfil de exigencia de la modalidad), o bien a aquellos que llaman la atención por una *actividad superior al promedio* en la clase de educación física y en el deporte extraescolar (intereses y necesidades) (cf. Hofmann/Schneider, 1985, 45).

Para la selección de niños y jóvenes en el ámbito de los individuos no entrenados, la valoración no se suele basar en rendimientos propios de la modalidad, sino en los que reflejan, por una parte, el estado de rendimiento deportivo general del alumno y, por otra, determinadas condiciones de rendimiento específicas de la modalidad.

La observación y la selección tienen lugar mediante varios exámenes, que constituyen una unidad y tienen como objetivo asegurar un proceso de observación eficaz y una selección fundamentada (cf. Hofmann/Schneider, 1985, 47).

Un *proceso de observación eficaz* supone que, dentro de un esfuerzo sostenible en términos económicos, se somete a observación al mayor número posible de niños o jóvenes.

Al primer examen de aptitud del niño siguen otros exámenes, que se pueden efectuar en el momento de iniciarse el entrenamiento y en el posterior transcurso de éste.

La *decisión fundamentada de selección* significa elaborar, con herramientas y métodos cada vez más específicos de la modalidad, y por tanto cada vez más costosos, un dictamen de aptitud y efectuar una selección entre el primer examen y el inicio del entrenamiento regular.

La tabla 14 presenta esquemáticamente los contenidos de las selecciones previa, intermedia y final, tomando como ejemplos las modalidades de gimnasia de aparatos, atletismo, natación, los juegos deportivos y las modalidades de lucha.

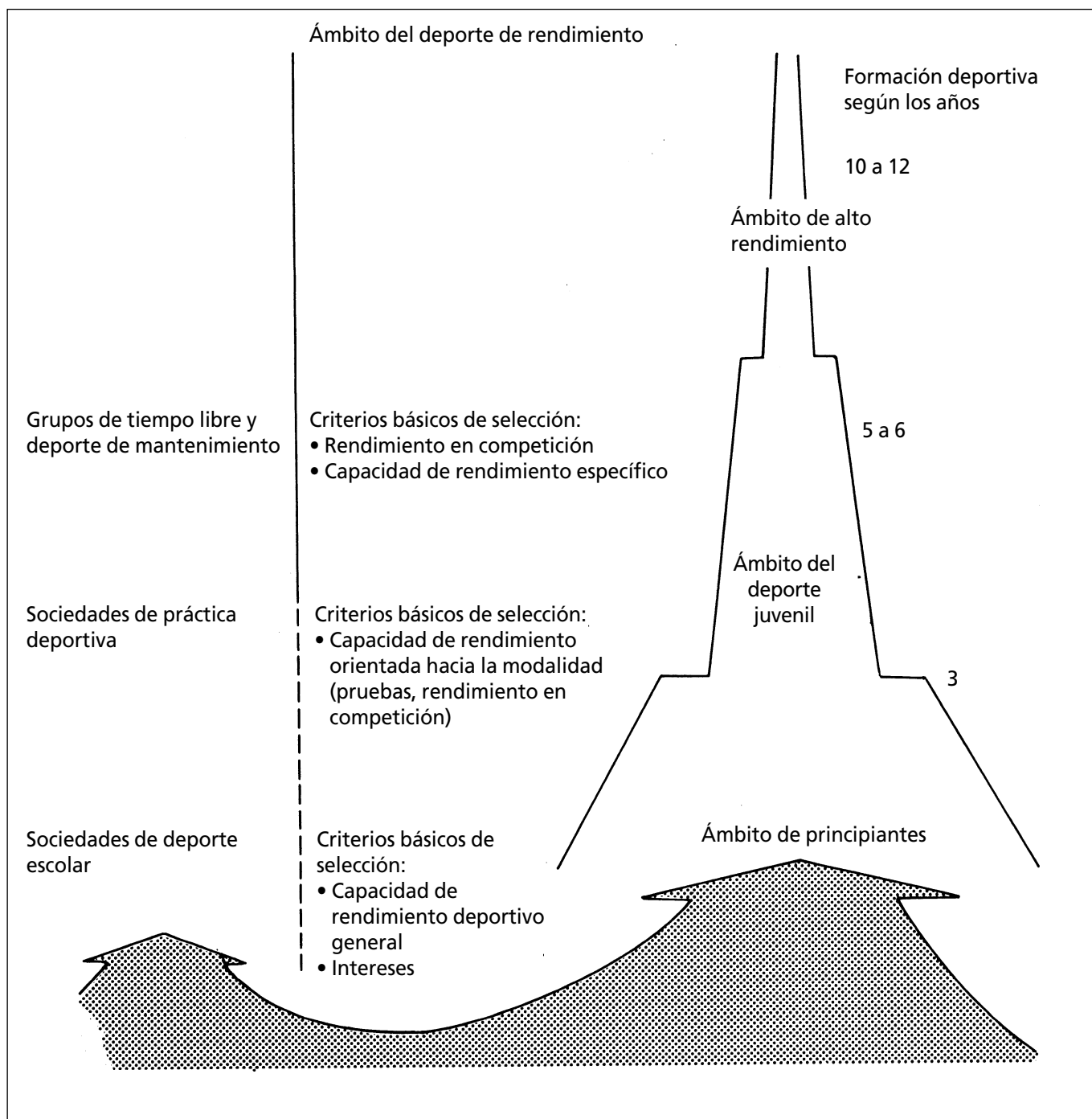


Figura 57. El proceso de la selección y la formación en el deporte (de Hofmann/Schneider, 1985, 46).

Hemos de tener en cuenta que el entrenamiento de principiantes trata de formar y examinar condiciones básicas variadas para el desarrollo del rendimiento a largo plazo en una modalidad. Esto significa que tanto el dictamen de aptitud como la formación deportiva se basan en el perfil de exigencias de la modalidad.

Sobre la selección después de un entrenamiento variado y orientado hacia la modalidad

En esta etapa, la formación escolar y el entrenamiento discurren en paralelo. En ocasiones el choque de intereses es inevitable, incluso cuando una parte de los alumnos ad-

El dictamen de aptitud tiene que enfocarse en el momento oportuno hacia el proceso de desarrollo del joven deportista en las *cualidades determinantes para el rendimiento*, cuya formación es el aspecto principal del entrenamiento; debe analizar dichas cualidades y extraer de ellas conclusiones acerca del grado de aptitud.

mitidos en un programa de deporte de rendimiento se aloja en los llamados internados deportivos.

La continuación de la carrera en el deporte de rendimiento presupone unos rendimientos escolares suficientes y unas determinadas características de la personalidad.

Sobre la selección para el entrenamiento de alto rendimiento

El criterio de selección cada vez más dominante en esta etapa es el *rendimiento de competición*, pues refleja la capacidad de rendimiento de la personalidad en su conjunto y documenta los resultados individuales en el marco de un perfil de exigencias específicas (cf. Hofmann/Schneider, 1985, 46).

El rendimiento de competición es, incluso en el ámbito del alto rendimiento, la magnitud orientativa principal en cualquier momento de la formación del deportista.

Fundamentos de la búsqueda de talentos y del dictamen de aptitud

La aptitud efectiva de una persona en un momento dado no está determinada desde el nacimiento. La aptitud se desarrolla, sobre la base de unas condiciones anatómo-fisiológicas genéticamente condicionadas, en el proceso de la actividad y sólo se puede reconocer a través de la actividad (Hofmann/Schneider, 1985, 49).

Así pues, los dictámenes de aptitud no son un resultado rígido e inmutable. Al comienzo de un entrenamiento de rendimiento, hasta que no se llegue a la edad de alto rendimiento, la aptitud de un deportista no se puede determinar con un grado suficiente de seguridad.

Los dictámenes de aptitud se refieren a actividades específicas y van unidos a la valoración de un gran número de capacidades, destrezas, conocimientos, motivaciones e intereses (Hofmann/Schneider, 1985, 49).

Los dictámenes de aptitud incluyen, pues, una evaluación resumida de muchos dictámenes aislados.

Selección previa	Selección intermedia	Selección final
<p>Características generales</p> <p>Encuesta, observación o evaluación de datos generales de los niños:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estado de salud general • Rendimientos escolares • Condiciones sociales e intereses • Exigencias generales de la modalidad respecto a la constitución corporal • Capacidad general de rendimiento motor (rendimientos de la clase de educación física) <p>Gimnasia de aparatos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pequeño y relativamente poco peso, delgado; hombros más anchos que la cadera; si hay piernas en X o en O, la desviación no debe ser acentuada • Evaluación de la coordinación motora general y de la fuerza 	<p>Revisión deportiva única:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exigencias detalladas de la modalidad respecto a la constitución corporal • Capacidad de rendimiento motor enfocada hacia la modalidad (pruebas motoras con exigencias variadas) 	<p>Ejercicio repetido durante un tiempo breve (entrenamiento de test)</p> <p>Rendimientos y formas de comportamiento en una breve sucesión de ejercicios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de rendimiento general y específica de la modalidad • Evaluación de la personalidad global
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la impresión estética global • Coordinación motora (rendimientos en carreras de obstáculos) • Condiciones de fuerza, de brazos, tronco, piernas (ejercicios de fuerza sencillos) • Motricidad global (rendimiento en juegos menores y competiciones de relevos) 	<p>Programa breve para evaluar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El comportamiento de aprendizaje motor (coordinación motora) • La fuerza y la velocidad de movimientos • La flexibilidad <p>Evaluación de circunstancias como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actitud frente al ejercicio • Capacidad de concentración • Activación mental 	

Tabla 14. Continúa en la página siguiente

Selección previa	Selección intermedia	Selección final
<p>Atletismo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buenas proporciones globales; en principio tamaños medios y grandes • Evaluación de la velocidad de carrera, fuerza de salto, resistencia y fuerza de brazos mediante los rendimientos atléticos registrados en la clase de educación física de la escuela (como carreras de 60 y 800 m, salto de longitud, triple salto, lanzamiento de balón, lanzamiento de peso) 	<ul style="list-style-type: none"> • Estatura corporal suficiente en deportistas preseleccionados para las disciplinas de salto, lanzamiento y pruebas múltiples (aunque en el entrenamiento de principiantes no se clasifica a los deportistas por grupos de una disciplina) • Velocidad de carrera (carrera de 60 m) • Fuerza (lanzamiento de peso) • Coordinación motora/fuerza rápida (lanzamiento de pelota de béisbol) • Fuerza de salto/fuerza rápida (triple salto) • Resistencia (carrera de 800 m) 	<p>Examen profundo de las condiciones individuales de los niños preseleccionados para múltiples disciplinas atléticas utilizando</p> <ul style="list-style-type: none"> • herramientas y métodos generales y específicos del entrenamiento de atletismo <p>Evaluación de circunstancias como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • actitud ante el ejercicio • tolerancia ante la carga
<p>Natación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niños grandes, relativamente delgados, extremidades largas; hombros anchos, pelvis delgada • Evaluación de la capacidad general de fuerza y de resistencia 	<p>Valoración de la constitución corporal con la ayuda de rasgos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • estatura grande • índice de Broca (peso = estatura - 100) • hombros anchos, pelvis delgada • extremidades largas, manos y pies grandes • poco tejido graso subcutáneo 	<p>Aprendizaje de la natación como tarea principal</p> <p>Evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • de la capacidad de fuerza y resistencia • de la flexibilidad • del comportamiento de aprendizaje motor • de las condiciones de deslizamiento y natación en el agua <p>Evaluación de circunstancias como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • disposición al esfuerzo • capacidad de asumir carga • actitud frente al ejercicio
<p>Juegos deportivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niños grandes o muy grandes (balonmano/voleibol) • Evaluación de generalidades de la fuerza, la velocidad y la capacidad de juego 	<ul style="list-style-type: none"> • Estatura suficiente, también en relación con el peso (p. ej., voleibol) • Velocidad de carrera (entre 30 y 60 m) • Fuerza rápida (lanzamiento de pelota de béisbol) • Fuerza de salto (triple salto) • Coordinación motora (acciones del juego) 	<p>Evaluación de la capacidad de juego en varios juegos (situación)</p> <p>Evaluación de circunstancias como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • disposición a participar • progreso del aprendizaje
<p>Modalidades de lucha</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clasificación en grupos de peso sobre la base de los rasgos de estatura y de masa corporal (cubrir todas las categorías de peso, y en esgrima elegir a partir de la estatura corporal media) • Valoración de la fuerza general 	<p>Tener en cuenta la constitución física para la clasificación en grupos de peso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuerza rápida/fuerza del tronco • Flexibilidad • Coordinación motora 	<p>Evaluar el comportamiento del rendimiento y el progreso del aprendizaje en acciones típicas de la lucha entre dos</p> <p>Evaluación de circunstancias como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • disposición a asumir riesgos • disposición a participar

Tabla 14. Contenidos esenciales del proceso de selección para el inicio del entrenamiento, sobre varios ejemplos de modalidades o grupos de modalidades deportivas (de Hofmann/Schneider, 1985, 48) (continuación)

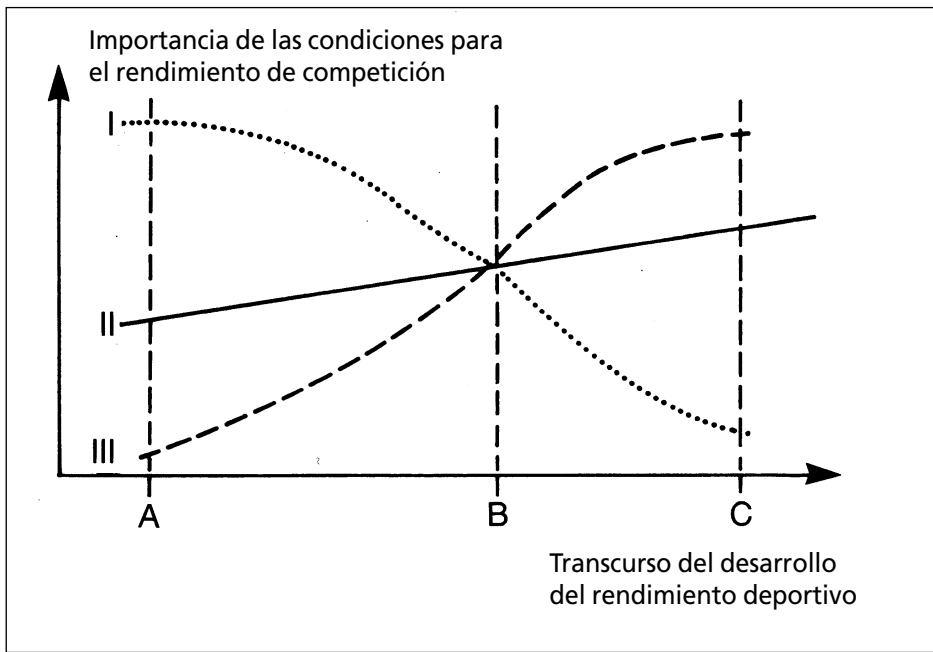


Figura 58. Cambios estructurales de la capacidad de rendimiento en el proceso de desarrollo del rendimiento a largo plazo; I, II, III = condiciones para el rendimiento deportivo (p. ej., condición física, técnica, táctica); A, B, C = momentos de la evaluación de aptitud y decisión de selección (de Hofmann/Schneider, 1985, 50).

El diferente valor otorgado a estos dictámenes individuales suele complicar considerablemente el dictamen global.

Al comienzo de la actividad deportiva, la aptitud está determinada aún por un gran número de características. La posibilidad de compensación es aún muy elevada, esto es, rendimientos iguales se basan en combinaciones de características diferentes. Al avanzar la especialización, las exigencias de aptitud se vuelven más específicas; se orientan sobre todo hacia los parámetros más esenciales del rendimiento, propios de cada modalidad.

Los criterios de aptitud tienen que deducirse de la estructura del rendimiento máximo que se intenta conseguir con posterioridad (Hofmann/Schneider, 1985, 49).

Para elaborar criterios de aptitud se necesitan conocimientos sobre la estructura de los rendimientos deportivos y sobre su desarrollo, pues la estructura del rendimiento en el deporte juvenil no es la misma que en el ámbito de alto rendimiento. La figura 58 muestra la importancia de una serie de condiciones diferentes para conseguir rendimientos en el proceso a largo plazo.

El gráfico muestra que la valoración de aptitud en distintos momentos puede llevar a una estimación diferente o errónea de cada una de las condiciones de rendimiento. Sólo si conocemos la estructura del rendimiento máximo podremos deducir los perfiles de exigencia adecuados, y con ellos los objetivos intermedios y finales. En conse-

cuencia el dictamen deberá incluir, durante todo el proceso de la valoración de aptitud (también en la fase de principiantes), elementos de la aptitud determinantes en la edad de alto rendimiento (tabla 15).

La valoración de la aptitud en la edad juvenil incluye el pronóstico de las probabilidades de éxito que se esperan en cada uno de los ámbitos de entrenamiento (cf. Hofmann/Schneider, 1985, 50).

Para elaborar con éxito pronósticos de este tipo hay que tomar en consideración el estado de desarrollo (de rendimiento) existente en el momento del dictamen de aptitud y las demás posibilidades de desarrollo del deportista. La edad cronológica, la edad biológica (v. pág. 98), la edad de entrenamiento (v. pág. 121) y el volumen de entrenamiento alcanzado hasta el momento son en este aspecto factores importantes para evaluar correctamente los rendimientos y su potencial de desarrollo posterior.

En cualquier etapa del proceso de entrenamiento a largo plazo, la aptitud de un deportista se puede determinar con un grado de seguridad suficiente sólo para la etapa siguiente, pues cualquier etapa de entrenamiento crea las condiciones para la etapa siguiente (cf. Hofmann/Schneider, 1985, 51).

Ámbito de alto rendimiento	Ámbito juvenil
Tipo de constitución corporal	<ul style="list-style-type: none"> • Datos mensurables (como estatura y masa corporal, anchura de hombros y pelvis) • Índices (como relación entre estatura y masa corporal, anchura de hombros y pelvis)
Expresión estética (p. ej., gimnasia de aparatos)	<ul style="list-style-type: none"> • Expresión global de postura y figura
Dificultades técnicas máximas	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aprendizaje motor • Comportamiento de aprendizaje motor • Capacidades coordinativas • Exigencias técnicas básicas en ejercicios de tipo sencillo y difícil
Técnicas específicas Disciplina específica Fuerza de salto	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones básicas en forma de capacidades y rendimientos coordinativos y físicos • Formas más sencillas (salto de longitud con piernas juntas, triple salto sin carrera) • Saltos en la ejecución técnica exigida (ejecución de competición)
Táctica	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de activación mental • Saber y conocimientos (teoría de la modalidad deportiva) • Comportamiento del rendimiento adecuado a la situación, en situaciones comparables aunque relativamente sencillas
Capacidad de intensificación Actividad competitiva	<ul style="list-style-type: none"> • Actitud frente al entrenamiento deportivo • Voluntad de rendimiento y tenacidad (características psíquicas de tipo básico y específico de la modalidad) • Comportamiento en competición

Tabla 15. Ejemplos de perfiles de exigencias para el ámbito juvenil a partir de las exigencias en el ámbito de alto rendimiento

El dictamen de aptitud y la selección son un proceso de validez universal, estrechamente vinculado con el desarrollo del deportista en el entrenamiento y la competición. Al avanzar el desarrollo, este proceso se va enfocando cada vez más hacia el diagnóstico de las exigencias específicas de la modalidad que necesitamos para obtener los rendimientos máximos.

El entrenamiento se ha de enfocar también hacia el reconocimiento de las aptitudes, lo que significa, entre otras cosas, que la variedad, como principio rector de la formación en el ámbito juvenil, sirve de principio de control y al mismo tiempo de criterio de determinación de aptitudes (cf. Hofmann/Schneider, 1985, 51).

Los dictámenes de aptitud son dictámenes probabilísticos, cuya fiabilidad aumenta al avanzar el proceso de formación y la adquisición de conocimientos teórico-prácticos.

Los dictámenes de aptitud tienen que considerarse, según Hofmann/Schneider (1985, 51), desde el punto de vista de la probabilidad, y ello por dos razones: por una parte existen siempre factores no mensurables (condiciones individuales y sociales), que además suelen actuar sólo durante un período de tiempo determinado, y por otra parte, para confirmar el dictamen de aptitud deben intervenir los estímulos de desarrollo complejos del siguiente entrenamiento.

Problemas de la búsqueda y la promoción de talentos

La elaboración de un catálogo de características específicas de una modalidad es un requisito básico para dictaminar la presencia de un talento.

El catálogo existe en muy pocas modalidades. Pero ni siquiera la existencia de un catálogo perfecto resuelve automáticamente el problema del registro objetivo de estas características o complejos de características.

Las características de constitución física y de tipo social se pueden registrar de forma relativamente sencilla con la ayuda de mediciones y cuestionarios, aunque, por supuesto, los rendimientos escolares o bien otros factores del ámbito social pueden cambiar con rapidez (cf. Adolph, 1979, 11). El registro de las características físicas y psíquicas presenta dificultades sustancialmente mayores. Los tests y baterías de tests con un elevado coste en aparatos, en preparación, en tiempo y, por tanto, en dinero, dificultan o impiden la práctica rutinaria de los procedimientos de selección necesarios.

Ni siquiera el registro objetivo, con ayuda de tests deportivo-motrices, de factores determinantes para el rendimiento garantiza un pronóstico correcto: los tests informan mucho menos sobre potencialidades de desarrollo y más sobre el estado real actual del joven deportista; por ello este tipo de tests aplicados a niños y jóvenes presenta el riesgo de cribar de forma irrevocable a los individuos de desarrollo más retardado (v. págs. 88 y 100), concentrando la selección en los individuos acelerados (cf. Gimbel, 1976, 165).

Como se puede ver en la figura 59, los deportistas con desarrollo biológico diferente alcanzan sus capacidades de rendimiento en momentos diferentes.

La figura 59 muestra que, en el momento de selección A, los individuos precoces (acelerados) presentan, debido a su avance en el desarrollo biológico, rendimientos más elevados que los individuos normales, y sobre todo que los retardados. Sin embargo, el retraso momentáneo en el rendimiento de los individuos normales y retardados se compensa en el transcurso posterior del desarrollo. Interesa destacar, además, que en rendimientos de resistencia en carrera y en rendimientos de fuerza relativos (como, p. ej., en gimnasia de aparatos) los individuos biológicamente retardados suelen obtener resultados mejores que los individuos biológicamente normales o precoces (cf. Hofmann/Schneider, 1985, 51).

Asimismo, las carencias a la hora de determinar la edad de entrenamiento pueden dar lugar a una estimación errónea de la aptitud.

Como se puede ver en la figura 60, la relación entre edad de entrenamiento y capacidad de rendimiento deportivo es muy estrecha, sobre todo al inicio del desarrollo del rendimiento deportivo.

Cuanto más se equiparan las condiciones de entrenamiento al avanzar el proceso de entrenamiento –p. ej., con volúmenes y frecuencias comparables–, menos incidencia tienen las condiciones de desarrollo precoz.

Mencionemos finalmente otra complicación de la búsqueda de talentos y del dictamen de aptitud: este último posee sólo un valor de verdad relativo, limitado en el tiempo.

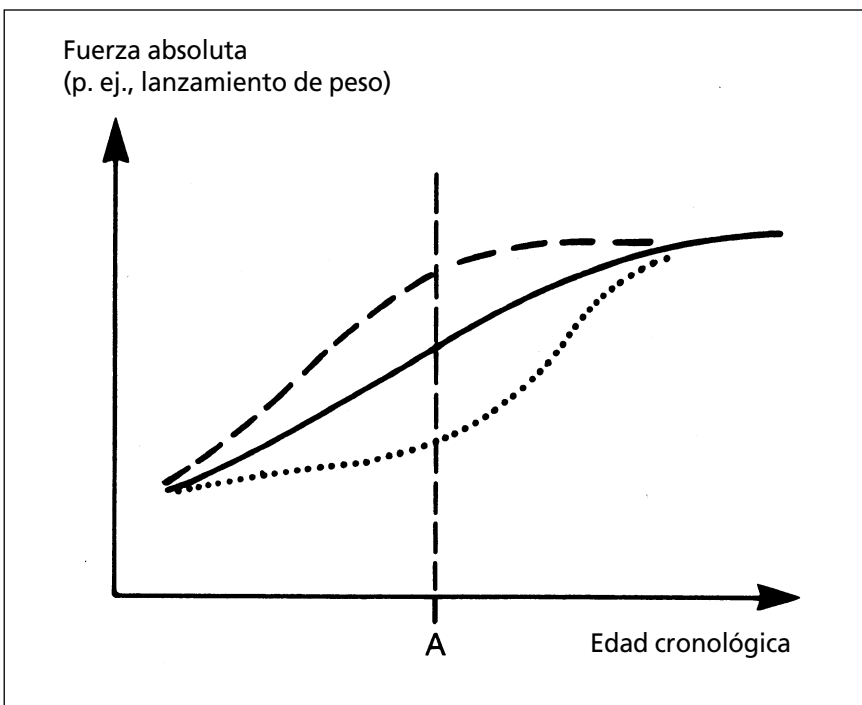


Figura 59. La capacidad de rendimiento depende de la edad biológica.
 Trazo continuo: individuo de desarrollo biológico normal.
 Trazo discontinuo: individuo de desarrollo biológico precoz.
 Trazo punteado: individuo de desarrollo biológico tardío.
 A = momento de un dictamen de aptitud (de Hofmann/Schneider, 1985, 51).

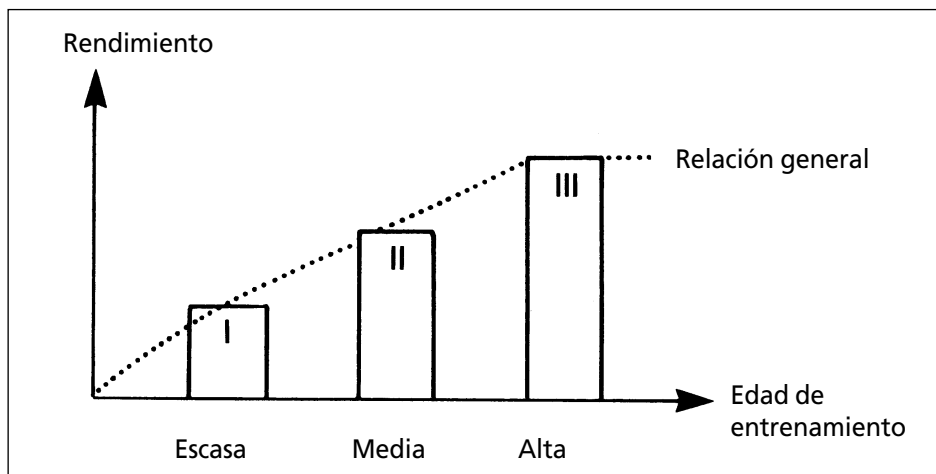


Figura 60. La capacidad de rendimiento depende de la edad de entrenamiento I, II, III = deportistas de edad de entrenamiento diferente.

Los dictámenes a largo plazo se vuelven tanto más inseguros cuanto más complejo es el ámbito de la actividad y cuanto más profundos son los posteriores cambios en este complejo de actividad. Por ello su contenido de verdad es limitado en el tiempo, pues en toda etapa de entrenamiento hay que crear las condiciones para la siguiente, y en el transcurso de la formación aparecen cambios en las exigencias planteadas (Hofmann/Schneider, 1985, 49).

El concepto de edad de máximo rendimiento constituye por sí solo un problema para la *promoción de talentos*: para conseguir en el momento oportuno la capacidad de rendimiento deportivo óptima se necesita adelantar el inicio del entrenamiento de rendimiento a edades cada vez más tempranas, con lo cual se toca el problema de la especialización precoz.

La *especialización precoz* (cf. Weineck, 1986, 331) afecta sobre todo a modalidades que permiten rendimientos altos y máximos en edades muy tempranas, como ocurre en gimnasia de aparatos, patinaje artístico y natación. En modalidades de este tipo existe el riesgo de que la planificación del entrenamiento, con su enfoque sobre una modalidad y su inicio precoz –a veces en la edad preescolar o escolar temprana–, descuide los aspectos de adecuación a la edad y al grado de desarrollo, y que sobrevalore la capacidad del niño para asumir una carga psicofísica.

Desde el punto de vista deportivo, biológico y metodológico, los riesgos de una *especialización precoz* se concretan sobre todo en los siguientes puntos:

- Las cargas y contenidos de entrenamiento, a menudo unilaterales, descuidan la necesidad de una formación

básica, polideportiva, como fundamento de las posteriores cargas voluminosas e intensas.

- Las cargas físicas unilaterales y en aumento rápido pueden originar sobrecargas en los sistemas que las soportan. Aquí el riesgo se presenta sobre todo en el aparato postural y de sustentación. Si el trabajo de cartílagos, huesos, tendones y ligamentos supera de forma antifisiológica su límite de carga, aparecerán pronto síntomas de desgaste en este ámbito. El trabajo muscular unilateral puede actuar en esta dirección creando los llamados *desequilibrios artromusculares*: el exceso de trabajo de origen funcional y el descuido de grupos musculares específicos provoca una reducción de la amplitud articular con una sobrecarga puntual de los correspondientes segmentos articulares, proceso que favorece las alteraciones precoces por artrosis y puede obstaculizar el posterior proceso de entrenamiento.
- Las cargas unilaterales, monótonas y demasiado intensas pueden provocar rápidamente una saturación o una sobrecarga psíquica. La utilización frecuente de contenidos de entrenamiento impropios de la edad, como la práctica de *cargas lácticas anaeróbicas* en las disciplinas atléticas de carrera (sobre todo en las carreras de media distancia o de esprint largo), contribuye a aumentar las cifras de abandono del deporte de rendimiento.

Como se puede ver en la tabla 16, los niños y jóvenes que inician el entrenamiento específico de la modalidad en el momento más temprano no son los que consiguen al final los rendimientos máximos.

El hecho de orientar a un joven en un momento temprano hacia los rendimientos máximos en su categoría de edad no nos asegura, aun después de largo tiempo, que su desarrollo se prolongue hasta la edad adulta y que se alcancen posiciones de elite (cf. Chesnokov, 1974, 336).

La especialización precoz provoca en la mayoría de los casos una rápida estancación del rendimiento (el hecho afecta tanto las modalidades coordinativo-técnicas como las de mayor predominio del factor físico), pues se carece de la base de desarrollo extensa que necesitan los rendimientos máximos: formación corporal variada y repertorio de movimientos suficientemente desarrollado.

Así pues, en el deporte de alto rendimiento se necesita una especialización no demasiado temprana, sino *a su debi-*

do momento, respetando los principios básicos del entrenamiento juvenil. La especialización debería producirse *tan tarde como haga falta*, basándose en una consolidación del rendimiento acorde con el desarrollo, teniendo en cuenta el desarrollo individual, planteando un incremento moderado de la carga en el marco de una formación básica variada y, sobre todo, garantizando el desarrollo óptimo de las capacidades coordinativas generales y la adquisición a su debido tiempo de las destrezas deportivo-motoras específicas.

Edad (años)	Entre 54 y 57,5 s 170 deportistas		Por debajo de 54 s 43 deportistas		Rendimiento de M. Spitz	
	Rendimiento	Mejora	Rendimiento	Mejora	Rendimiento	Mejora
10	1:11,6					
11	1:07,0	4,6				
12	1:04,3	2,7				
13	1:01,6	2,7				
14	59,6	2,7			1:05,5	
15	58,0	1,6	1:01,0		59,3	5,7
16	57,0	2,0	57,5	3,5	55,2	4,1
17	56,4	0,6	56,0	1,5	53,6	0,6
18	55,9	0,5	55,5	0,5	53,0	0,6
19	55,6	0,3	55,0	0,5	52,6	0,4
20	55,4	0,2	54,4	0,4	51,9	0,7
21	55,2	0,2	54,0	0,6	51,4	0,5
22	55,0	0,2	53,8	0,2	51,2	0,2
23	54,9	0,1				

Tabla 16. La dinámica específica de la edad en el desarrollo del rendimiento de varones en natación 100 m estilo libre (valores promedio) (de Tschene, 1979, 160)

Parte II

ENTRENAMIENTO DE LAS PRINCIPALES CAPACIDADES MOTORAS



Las principales capacidades motoras (resistencia, fuerza, velocidad, flexibilidad y coordinación) son condiciones de rendimiento básicas para el aprendizaje y la ejecución de acciones motoras deportivo-corporales.

De forma simplificada y esquemática, se las puede clasificar en capacidades condicionales y coordinativas. Las capacidades condicionales se basan sobre todo en procesos energéticos y las coordinativas, sobre todo en procesos de regulación y conducción del sistema nervioso central.

No obstante, hemos de señalar desde un principio que semejante clasificación se plantea sólo por razones de sencillez. Ninguna capacidad consiste exclusivamente en procesos energéticos o en procesos de regulación y conducción del sistema nervioso central; en el mejor de los casos predomina uno de los términos de esta oposición.

La definición del concepto de condición física plantea también problemas. En la literatura especializada el concepto de condición física se entiende de forma diferente en función del punto de vista adoptado (cf. Martin, 1977, 34; Letzelter, 1978, 121; Brüggemann/Albrecht, 1982, 270; Bisanz, 1983, 17; Gerisch, 1983, 11; Bauer/Ueberle, 1984, 49; Dick, 1986, 36; Binz/Wenzel, 1987, 4; Schnabel, 1987, 154; Bisanz/Gerisch, 1988, 46/73 y 1990, 9; Stiehler/Konzag/Döbler, 1988, 108 y 311; Bauer, 1990, 65; Geese, 1990, 23; Weineck, 1992, 15).

En otra interpretación del concepto de condición física, éste se utiliza como denominación colectiva para todos los factores de rendimiento psíquicos, físicos, técnico-tácticos, cognitivos y sociales en el sentido de la expresión latina *conditio* (condición para algo) (cf. Bauer, 1990, 65).

La figura 61 propone un modelo estructural amplio sobre el ejemplo de la condición física del futbolista.

En la estructura de rendimiento que muestra la figura 61, las capacidades condicionales tienen un carácter de requisito, como ocurre en muchas modalidades y sobre todo en los juegos deportivos. Son una condición previa para que los rendimientos técnicos, tácticos y psíquicos tengan

una estabilidad durante la competición (cf. Stiehler/Konzag/Döbler, 1988, 108).

En cambio, en las modalidades de “resistencia pura” (p. ej., carreras de larga distancia en atletismo), “fuerza pura” (p. ej., halterofilia) o “velocidad pura” (p. ej., esprint en atletismo) la capacidad respectiva tiene pretensión de exclusividad.

En una *definición más estricta* –utilizada normalmente en la práctica deportiva y en el entrenamiento– las capacidades condicionales, como ya hemos mencionado, se limitan a la resistencia, la fuerza, la velocidad y la flexibilidad como factores “físicos” predominantes. La figura 62 nos ofrece una visión de conjunto de los componentes de la capacidad condicional partiendo de su visión estricta, “reducida”.

En la práctica deportiva las características de la capacidad condicional no se presentan casi nunca como “formas puras”, como ocurre, por ejemplo, en el levantador de pesas como representante de la fuerza (máxima) o en el corredor de maratón como representante de la resistencia (general aeróbica). Como se puede ver en las figuras 62 y 63, dichas características suelen aparecer como *formas mixtas*, basadas en condiciones anatomo-fisiológicas que se van diferenciando gradualmente.

Como resumen, podemos afirmar que la separación de los tipos principales de trabajo motor en capacidades condicionales y coordinativas de la capacidad de rendimiento deportivo se adopta de una forma más o menos arbitraria, pero razonable por motivos prácticos y didácticos. Asimismo, en el marco de este libro hemos optado por usar el concepto “reducido” de la condición física pese a las simplificaciones que hemos mencionado.

Para plantear una mejor visibilidad de conjunto, trataremos a continuación los diferentes tipos principales de trabajo motor, uno por uno y con sus subcategorías. Debido a las relaciones existentes entre ellos, ciertas coincidencias resultan inevitables.

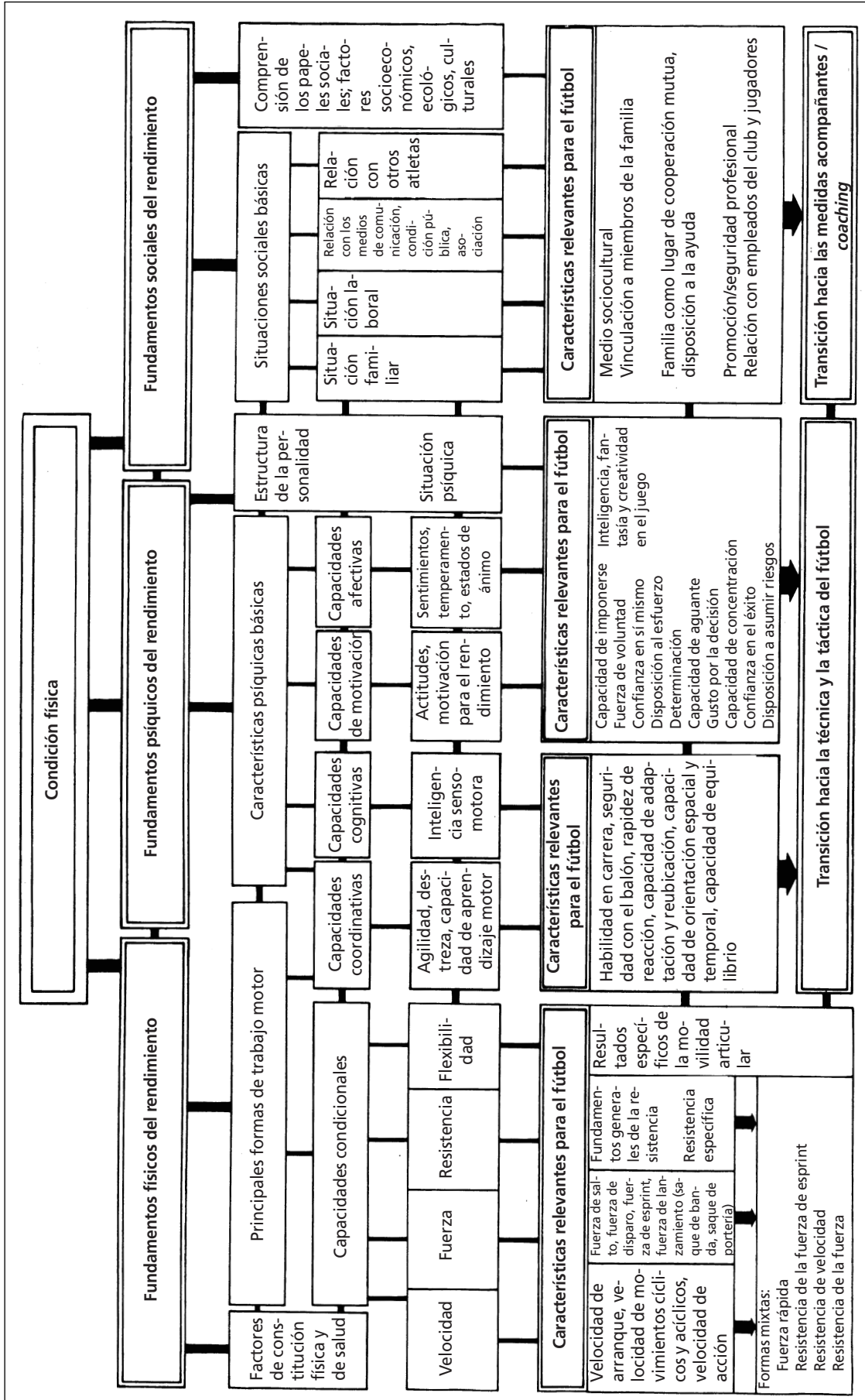


Figura 61. Modelo estructural ampliado sobre el ejemplo de la condición física del futbolista (Weineck, 1982, 31; Dick 1986, 37).

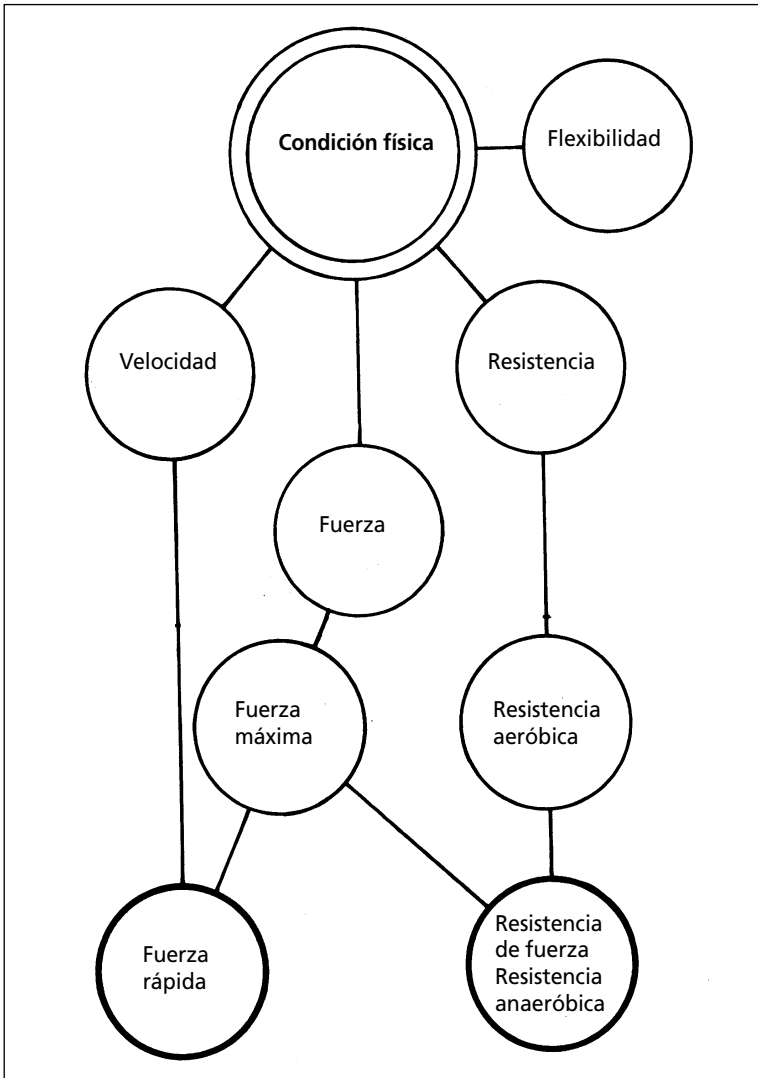


Figura 62. Modelo estructural reducido de los componentes de la condición física del deportista (de Schmidtbleicher y cols., 1989, 7).

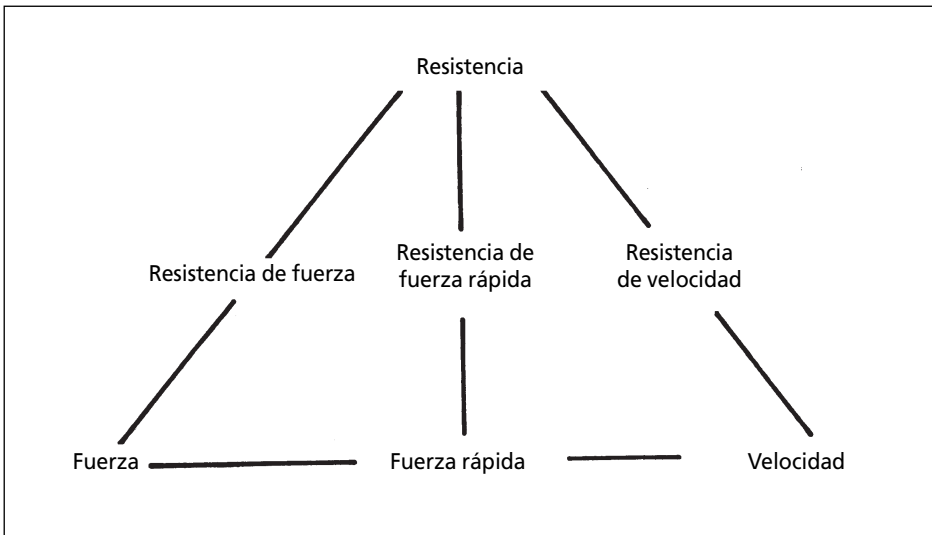
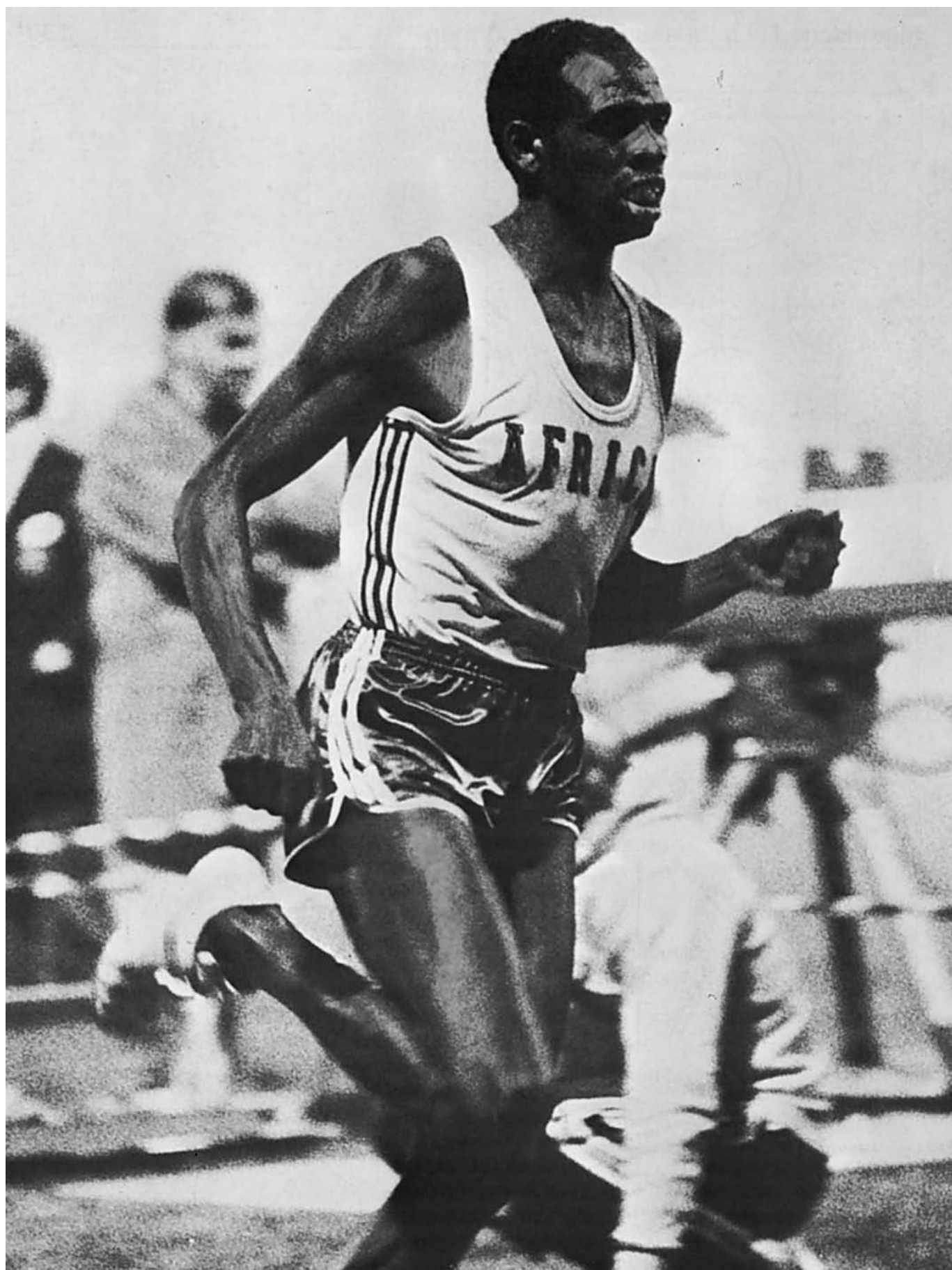


Figura 63. Relaciones mutuas entre los factores del rendimiento físico.



12 Entrenamiento de la resistencia

Definición

Por resistencia entendemos normalmente la capacidad del deportista para soportar la fatiga psicofísica.

Siguiendo a Frey (1977, 351), la *resistencia psíquica* se define como la capacidad del deportista para soportar durante el mayor tiempo posible un estímulo que invita a interrumpir la carga, y la *resistencia física*, como la capacidad para soportar la fatiga que poseen el organismo en su conjunto o algunos de sus sistemas parciales.

Tipos de resistencia

En sus formas de manifestación la resistencia se puede clasificar en distintos tipos, dependiendo del punto de vista adoptado. Desde el punto de vista del porcentaje de la musculatura implicada, distinguimos entre resistencia *general* y *local*; desde el punto de vista de la adscripción a una modalidad, distinguimos entre resistencia *general* y *específica*; desde el punto de vista del suministro energético muscular, distinguimos entre resistencia *aeróbica* y *anaeróbica*; desde el punto de vista de la duración temporal, distinguimos entre resistencia *a corto, medio y largo plazo*, y finalmente, desde el punto de vista de las formas de trabajo motor implicadas, distinguimos entre *resistencia de fuerza, resistencia de fuerza rápida y resistencia de velocidad*.

La resistencia (muscular) *general* implica más de una sexta o séptima parte del total de la musculatura esquelética (la musculatura de una pierna, por ejemplo, supone casi una sexta parte de la masa muscular en su conjunto) y está limitada sobre todo por el sistema cardiovascular-respiratorio (limitación reflejada en el consumo máximo de oxígeno, v. pág. 144) y por el aprovechamiento periférico del oxígeno (cf. Gaisl, 1979, 240).

Así pues, la resistencia (muscular) *local* supone una participación de entre algo menos de un séptimo y un sexto de la masa muscular total, y está determinada no sólo por la resistencia general, sino también y sobre todo por la fuerza específica, la capacidad anaeróbica y las manifestaciones de la fuerza limitadas por la capacidad anaeróbica, como la resistencia de velocidad, de la fuerza y de la fuerza rápida (v. fig. 65 y pie de figura); también está determinada por la calidad de la coordinación neuromuscular (técnica) específica de la disciplina (cf. Haber/Pont, 1977, 358). La resistencia *general* –caracterizada por un aumento de capacidad del sistema cardiovascular– puede influir en varios planos limitando el rendimiento de la resistencia *local*, sobre todo en cuanto a la rapidez de la recuperación después de la carga; en cambio, la resistencia local no suele ejercer ninguna influencia sobre la capacidad general de rendimiento de resistencia (p. ej., en cuanto a un aumento del tamaño del corazón, etc.).

Además de una resistencia general y una local, en la práctica del deporte se habla también de una resistencia *general* frente a una *específica*. En esta antítesis la resistencia *general* –denominada también *resistencia de base*– se refiere al estado de forma con independencia de la modalidad deportiva, y la resistencia *específica* se refiere a la forma de manifestación específica de una modalidad deportiva. La resistencia *local* y la *específica* coinciden en muchos puntos, y en parte pueden entenderse como sinónimas.

Desde el punto de vista del suministro energético se distingue además entre resistencia *aeróbica* y *anaeróbica*. Con la primera (v. también pág. 155) se dispone de suficiente oxígeno para la combustión oxidativa de los productos energéticos; con la resistencia *anaeróbica* el aporte de oxígeno, debido a una intensidad de carga elevada –sea por una frecuencia de movimientos elevada o por una aplicación intensa de fuerza–, resulta insuficiente para la combustión oxidativa, y el suministro energético tiene lugar sin oxidación.

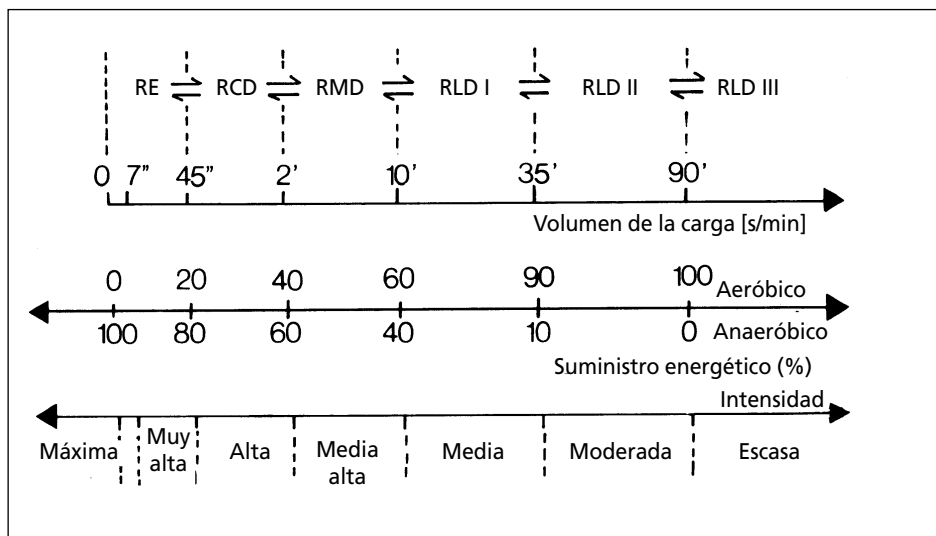


Figura 64. Las diferentes capacidades de la resistencia en relación con el suministro energético, el volumen y la intensidad de la carga.

RE = resistencia específica para una modalidad deportiva.

RCD = resistencia de corta duración.

RMD = resistencia de media duración.

RLD = resistencia de larga duración.

Dado que en la práctica deportiva el suministro energético no se efectúa de forma puramente oxidativa o anoxiada, sino en una mezcla de ambas formas dependiendo de la carga y de la intensidad (cf. fig. 64), en el ámbito de la resistencia *general* se acostumbra distinguir entre *resistencia de corta, media y larga duración*.

En la *resistencia de corta duración* (RCD) se incluyen las cargas de resistencia máximas de entre 45 segundos y 2 minutos, que se cubren sobre todo con el suministro energético anaeróbico. La *resistencia de media duración* (RMD) es el segmento de una producción energética aeróbica creciente —correspondiendo a cargas de entre 2 y 8 minutos— y la *resistencia de larga duración* (RLD) agrupa a todas las cargas que superan los 8 minutos, basadas casi exclusivamente en la producción energética aeróbica (cf. Keul, 1975, 632). Sobre la base de las diferentes exigencias metabólicas la resistencia de larga duración se puede subdividir aún en RLD I, II y III (cf. Harre, 1976, 149). La RLD I abarca los tiempos de carga hasta 30 minutos y se caracteriza por el predominio del metabolismo de la glucosa; la RLD II cubre los tiempos entre 30 y 90 minutos —aquí destacan el metabolismo tanto de la glucosa como de los lípidos, en una relación mixta y dinámica que depende del tiempo—, y la RLD III, las cargas superiores a los 90 minutos, cuyo principal soporte energético es el metabolismo de los lípidos.

La figura 64 nos proporciona una visión general de las diferentes capacidades de resistencia desde el punto de vista *energético*.

El concepto de resistencia se complica de nuevo por la relación mutua entre la resistencia y los otros dos factores físicos del rendimiento, concretamente la fuerza y la velocidad (cf. fig. 63).

Dado que en la práctica deportiva la resistencia de fuerza, de fuerza rápida y de velocidad están determinadas sobre todo por los componentes de fuerza, de fuerza rápida y de velocidad, estas formas de la resistencia serán objeto de tratamiento más detallado en los capítulos correspondientes.

La figura 65 muestra las correlaciones existentes entre las capacidades de la resistencia general (RCD, RMD, RLD) y las capacidades de la resistencia específica.

El análisis de la resistencia desde el punto de vista de su manifestación dinámica o estática permite una última posibilidad de diferenciación. La resistencia *dinámica* se refiere al trabajo en movimiento y la resistencia *estática*, al trabajo de sustentación. Dependiendo de la fuerza aplicada en el trabajo de sustentación, la resistencia estática se practica en forma aeróbica, mixta aeróbica-anaeróbica o anaeróbica: si la aplicación de fuerza se sitúa por debajo del 15 % de la fuerza isométrica máxima (FIM), el suministro energético se produce por la vía *aeróbica*; si se sitúa entre el 15 % y el 50 %, el suministro se efectúa en la correspondiente relación mixta *aeróbica/anaeróbica*, pues en este ámbito de la fuerza el riego sanguíneo sufre una creciente restricción debido a la oclusión vascular provocada por la contracción, y si la fuerza aplicada supera el 50 %, el gasto energético se cubre de forma puramente *anaeróbica*, pues la vasoconstricción no permite ya el transporte de oxígeno a través del torrente sanguíneo (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 334).

Condiciones similares se dan en las interacciones de resistencia y velocidad o fuerza rápida. Con una frecuencia de movimientos escasa sólo se contraen de forma simultánea un número reducido de unidades motoras en los músculos participantes; los músculos no participantes (en re-

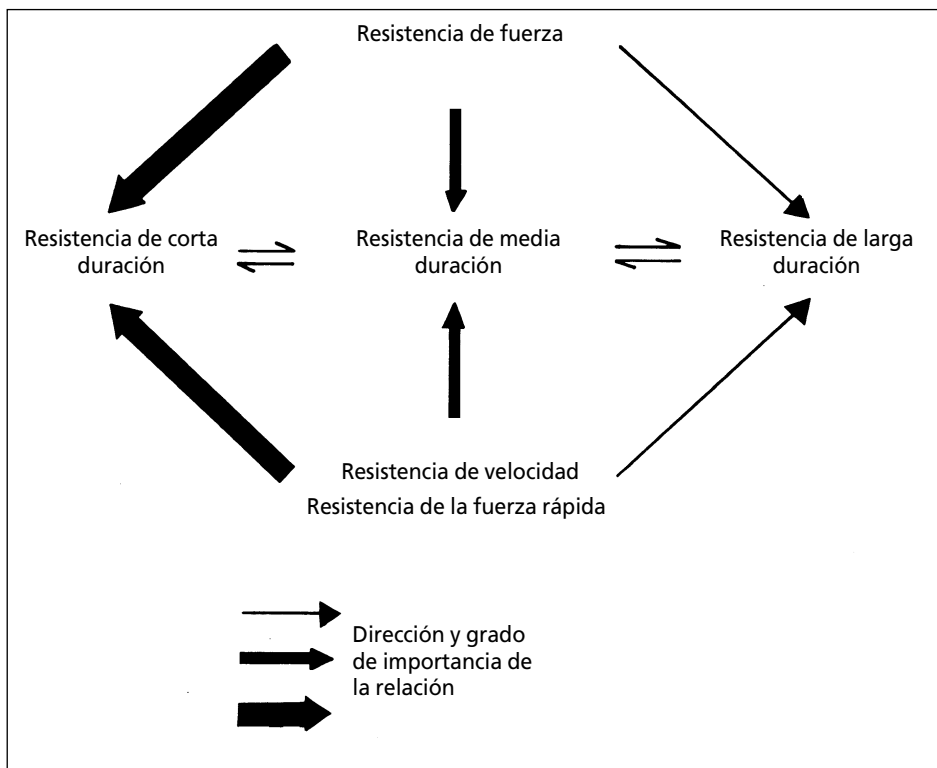


Figura 65. Correlaciones entre las diferentes capacidades de resistencia (de Harre, 1976, 148).

poso en este instante) se recuperan o pueden recuperarse, y el trabajo se efectúa de forma aeróbica. Si aumenta la velocidad de movimientos, se produce entonces un reclutamiento creciente de unidades motoras y disminuyen las posibilidades de uso alternativo de unidades diferentes y por tanto de una recuperación suficiente; el trabajo muscular

se realiza cada vez más con componentes anaeróbicos. Finalmente, las velocidades máximas exigen, debido a la necesidad de impulsos de fuerza intensos y máximos, la inervación simultánea de todas las unidades motoras disponibles; en el caso extremo, el trabajo es exclusivamente anaeróbico.

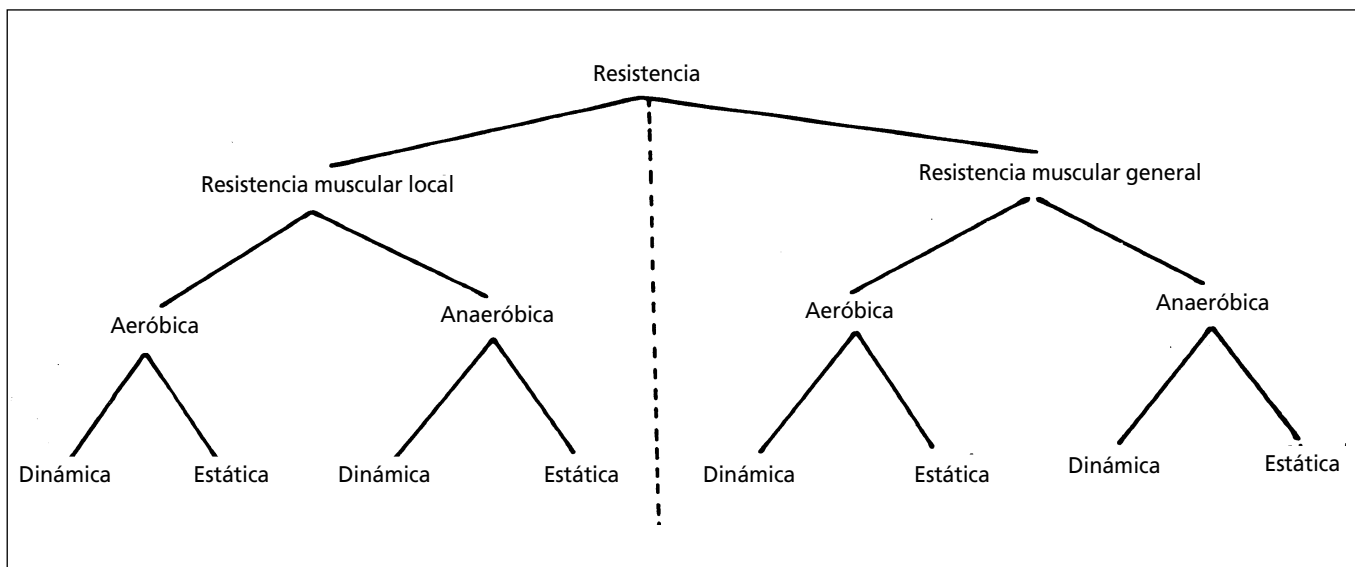


Figura 66. Representación esquemática de las diferentes formas de la capacidad de rendimiento de resistencia (Hollmann/Hettinger, 1980, 304).

El trabajo muscular asociado a un rendimiento coordinativo intenso produce además, debido a la llamada “fatiga central” (esto es, la fatiga del sistema nervioso central que regula el movimiento), una aceleración de la fatiga y por tanto una interrupción de la carga o una reducción de la intensidad del movimiento.

Las formas de resistencia descritas muestran que no existe una resistencia en sí, sino que desde el punto de vista metabólico encontramos un gran número de formas mixtas de naturaleza aeróbica-anaeróbica, escalonadas gradualmente en función de la modalidad, que ocupan el espacio entre las formas “puras” de suministro energético aeróbico o anaeróbico entendidas como polos opuestos.

Para simplificar y racionalizar la descripción de los diferentes factores de la capacidad de rendimiento deportivo, el concepto de resistencia se aplica sobre todo a las manifestaciones predominantemente aeróbicas; por otra parte, las subcategorías de la resistencia claramente determinadas por otras formas principales de trabajo motor, como la fuerza o la velocidad, deberían clasificarse dentro de dichas formas principales. Así, por ejemplo, la resistencia de velocidad no se clasificará dentro de la resistencia, sino de la velocidad.

La figura 66 ofrece una descripción resumida de las diferentes formas de la capacidad de rendimiento en resistencia.

La *resistencia de base* –que desde el punto de vista de la sistematización se denomina también *resistencia muscular general aeróbica*– tiene una gran importancia en todos los ámbitos de la práctica deportiva, por lo cual será en lo sucesivo el punto central de nuestra exposición. No por ello dejamos de señalar la inmensa importancia que reviste la *resistencia muscular dinámica, aeróbica y local*, cuya mejora en su sustrato celular se basa en las mismas regularidades que la resistencia de base general.

La *resistencia muscular dinámica, aeróbica y local* es la forma de trabajo motor más entrenable en términos porcentuales; su valor de partida se puede mejorar en personas no entrenadas hasta alcanzar un 100% (Hollmann/Hettinger, 1980, 346).

Importancia de la resistencia de base

La capacidad de rendimiento en resistencia, en sus diferentes formas de manifestación, desempeña un papel importante en casi todas las modalidades.

Como han mostrado los estudios de Häkkinen/Kouhonen/Komi (1987, 240), incluso los levantadores de pesas necesitan una resistencia de base suficientemente desarrollada para realizar su entrenamiento con un cierto nivel de volumen e intensidad.

Una resistencia de base bien o suficientemente desarrollada es, en todas las modalidades, un requisito previo básico para incrementar la capacidad de rendimiento deportivo, y produce los siguientes efectos:

- *Aumento de la capacidad de rendimiento físico*
Una resistencia de base bien desarrollada influye favorablemente sobre el propio rendimiento de competición (resistencia general y específica) y también sobre la capacidad de carga en el entrenamiento (resistencia general): la fatiga temprana abrevia el tiempo de ejercicio disponible, impide la realización de un programa de entrenamiento intenso y limita asimismo la elección de los métodos y contenidos de entrenamiento aplicados.
- *Optimización de la capacidad de recuperación*
El organismo del deportista entrenado en resistencia elimina con mayor velocidad las sustancias producidas por la fatiga y compensa de forma más eficaz los bloqueos energéticos, lo que permite planificar un entrenamiento más intenso y participar más activamente en los grandes juegos deportivos. Además, el deportista se recupera con mayor rapidez después del entrenamiento y la competición. Su sistema vegetativo puede pasar con mayor rapidez de una situación de simpaticotonía (enfocada hacia el rendimiento) a una de vagotonía, un estado global del metabolismo que apoya de forma positiva los procesos de recuperación, optimizando así el volumen y la velocidad de los procesos de regeneración.
- *Minimización de lesiones*
Los deportistas mejor entrenados se lesionan con menos frecuencia en comparación con los que se fatigan pronto. En los primeros, el comportamiento elástico de tendones y músculos, organizado por el sistema reflejo, no sufre restricciones, lo que implica una protección de máxima eficacia contra las lesiones.
- *Aumento de la capacidad de carga psíquica*
El jugador entrenado en resistencia posee una mayor resistencia ante el estrés y una mayor estabilidad psíquica. Puede procesar mejor los fracasos, sin que éstos generen los problemas de motivación y las altera-

ciones anímicas habituales (en el sentido de una actitud básica depresiva, perjudicial para el rendimiento).

- *Velocidad de reacción y de acción elevada en todo momento*

Debido a la mayor capacidad de recuperación y a la acumulación consecuentemente menor de sustancias producidas por la fatiga, el sistema nervioso central sufre menos restricciones en su capacidad de rendimiento. La velocidad de percepción, de anticipación, de decisión y de reacción como condiciones básicas de una velocidad de acción óptima se conserva sin merma de su rendimiento durante todo el entrenamiento o la competición.

- *Reducción de los errores técnicos*

El deportista entrenado en resistencia está plenamente concentrado y atento hasta el final y es rápido en sus decisiones y acciones, lo que mantiene en un nivel bajo su cuota de errores técnicos, hecho importante sobre todo en las modalidades de juego.

- *Prevención de formas erróneas de comportamiento táctico originadas por la fatiga*

El deportista entrenado en resistencia no sufre un aumento excesivo de sustancias producidas por la fatiga y no se “acidifica”, por lo cual se mantiene dentro de la disciplina táctica. Como jugador mantiene la “hoja de ruta” previamente establecida, no comete faltas innecesarias ni hace entradas duras, se contiene ante una decisión dudosa del árbitro y no mantiene una actitud de protesta continua.

Como muestran los estudios de Liesen (1983, 23, y 1985, 16), las carencias de condición física producen una acidificación precoz del deportista, y con valores de lactato entre 6 y 8 mmol/l se observa ya una clara tendencia a los errores en el comportamiento técnico-táctico.

- *Salud más estable*

El deportista “endurecido”, entrenado en resistencia, mejora su situación inmunitaria, y el resultado es una menor frecuencia de enfermedades infecciosas menores como resfriados, catarros, gripe y similares. De esta forma evita pérdidas de rendimiento innecesarias por ausencia del entrenamiento o de la competición.

Para el deportista la salud es el bien más preciado, pues sólo un deportista sano soporta cargas intensas.

Finalmente, circunstancia de interés general máximo, el trabajo de la resistencia tiene un extraordinario valor en el ámbito del deporte de mantenimiento, dados sus efectos preventivos en los ámbitos de las enfermedades cardiovasculares o las debidas a carencia de movimiento.

Importante. Pese a estas ventajas múltiples que presenta una resistencia de base bien desarrollada, conviene tener en cuenta los siguientes argumentos:

1. El desarrollo máximo de la capacidad de rendimiento en resistencia no puede ser nunca el objetivo del deportista; el desarrollo tiene que ser suficiente para las exigencias planteadas por su modalidad deportiva, esto es, óptimo. Un exceso de entrenamiento de la resistencia implica el descuido de otros factores determinantes para el rendimiento.
2. Otro argumento para no plantear el entrenamiento de resistencia como una finalidad en sí mismo: el exceso de resistencia restringe las potencialidades de velocidad y de fuerza rápida del deportista. El que se entrena demasiado en resistencia se vuelve más lento, pues se producen alteraciones bioquímicas en el músculo favoreciendo la resistencia frente a las capacidades de velocidad (cf. Dickhuth y cols., 1985, 151). En casos extremos puede ocurrir incluso que las fibras musculares de contracción rápida –que garantizan arranques explosivos, saltos y disparos– se transformen en fibras de contracción lenta, con el consiguiente perjuicio para este tipo de movimientos.
3. Finalmente, un exceso de resistencia, sobre todo en su forma específica de resistencia de velocidad (v. pág. 383), puede provocar una merma de la resistencia de base, y de forma paralela, una merma de la capacidad de recuperación. Esta situación se manifiesta en casos extremos como un estado de sobreentrenamiento, con la consecuencia de pérdidas decisivas no sólo en la capacidad de rendimiento general, sino también en la disposición al rendimiento y en el estado de ánimo del deportista.

Como muestran los estudios de Urhausen/Kindermann (1987, 39), un volumen global de entrenamiento excesivo produce un descenso de la testosterona, hormona sexual masculina que desempeña un papel importante para la recuperación y para el metabolismo de síntesis proteica.

Resumiendo: la resistencia es un requisito fundamental para la capacidad de rendimiento del deportista, pero no se debe descuidar su relación con las exigencias planteadas por cada modalidad. La importancia de un factor aislado se ha de ver siempre en relación con el todo.

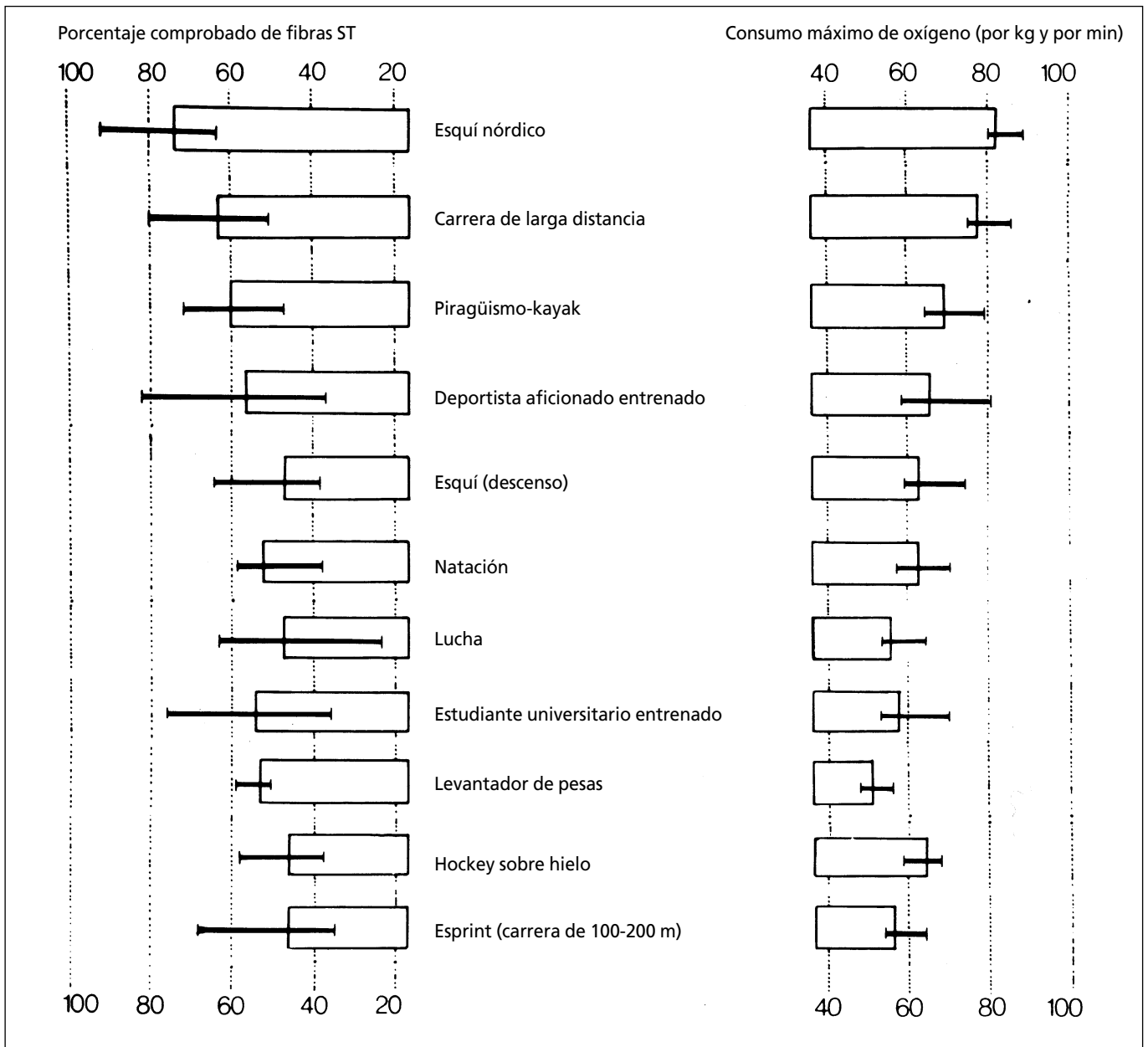


Figura 67. Porcentajes de fibras ST y consumo máximo de oxígeno de deportistas en diferentes modalidades (Karlsson y cols., 1975, 358).

Fundamentos anatómo-fisiológicos del entrenamiento de resistencia

Para comprender mejor el efecto de los diferentes métodos y contenidos de entrenamiento, y para aplicar éstos de forma más selectiva, con vistas a mejorar las diferentes capacidades de la resistencia, necesitamos conocer suficientemente las regularidades deportivo-biológicas y fisiológicas que les sirven de base. Para ello comenzaremos por la célula muscular, la base de la actividad deportiva.

Capacidad de rendimiento en resistencia dependiendo de la composición de las fibras musculares (fibras ST o FT)

Como ya hemos mencionado (v. pág. 76), el hombre posee dos tipos principales de fibras musculares, las de contracción lenta (fibras ST o de tipo I) y las de contracción rápida (fibras FT o de tipo II). La distribución se sitúa normalmente en un 50 % de fibras FT y está determinada por la herencia genética.

Como se puede ver en la figura 57, suele darse una relación estrecha entre el porcentaje de fibras (aquí de fibras

ST) y el consumo máximo de oxígeno, el criterio básico de la capacidad de rendimiento en resistencia (más detalles en pág. 143, cf. también Bergh y cols., 1978, 152; Farrell y cols., 1979, 341; Inbar/Kaiser/Tesch, 1981, 156).

Los “talentos” en resistencia poseen más fibras ST, y los “talentos” en velocidad y en fuerza rápida, más fibras FT. Desde el punto de vista de la composición de las fibras musculares hablamos también de un “tipo de fondista” y un “tipo de esprinter” (v. pág. 172, cf. también Dörenberg, 1978, 64; Tihanyi, 1989, 41; Bode, 1991, 6; Weineck, 1992, 31).

Dado que las fibras ST y FT presentan propiedades metabólicas y mecánicas diferentes (v. pág. 78), hemos de asumir que su participación en tareas diferentes, de intensidad distinta, tendrá lugar de acuerdo con una serie de regularidades planificadas (pensemos en la práctica de la carrera continua o la carrera de velocidad constante, en el entrenamiento de intervalos extensivo o intensivo, etc.). Varios estudios confirman esta suposición, mostrando una degradación selectiva del glucógeno y, por tanto, un modelo de activación selectivo: las tensiones musculares por debajo del 20-25 % de la fuerza isométrica máxima (FIM) movilizan sólo fibras ST, y las tensiones por encima de esta cifra, sólo fibras FT (Gollnick y cols., 1973, 615; Saltin, 1973, 142; Tidov/Wiemann, 1993, 92 s. y 136 s.). Por lo demás, las tensiones superiores al 20-25 % sólo se obtienen en carrera con un trabajo duro y velocidad constante.

En relación con el consumo máximo de oxígeno, Piehl (1975, 33) encontró un modelo similar de gasto del glucógeno; con una intensidad de hasta el 90 %, del consumo máximo de oxígeno se agotan primero las fibras ST, y con una intensidad mayor del 90 %, lo hacen las fibras FT.

Sólo cuando se van vaciando las fibras sometidas a trabajo en primer lugar se produce un mayor reclutamiento y, por tanto, un desabastecimiento del otro tipo de fibra.

Capacidad de rendimiento en resistencia dependiendo de las reservas energéticas celulares, la actividad enzimática y los mecanismos de regulación hormonal

El proceso de adaptación bioquímica provocado por el entrenamiento transcurre a nivel celular en el orden siguiente (Jakovlev, 1976, 66):

- aumento de la concentración de productos energéticos,
- refuerzo de la actividad enzimática,
- perfeccionamiento de los mecanismos de regulación.

Capacidad de rendimiento en resistencia y reservas energéticas celulares

Como ya hemos mencionado (v. pág. 80), durante el trabajo mecánico el músculo consume energía que obtiene de la combustión de sustratos ricos en energía. Estos sustratos pueden encontrarse almacenados directamente en la célula muscular en forma de glucógeno o gotas de triglicérido, o bien son transportados por el torrente sanguíneo desde el depósito de glucógeno del hígado o desde el tejido graso subcutáneo hasta la célula muscular que trabaja.

El glucógeno tiene una importancia crucial para el organismo en un doble sentido. Por una parte, el cerebro necesita constantemente glucosa (un descenso de la glucosa en sangre debido al agotamiento del nivel de glucógeno en el hígado debilita la capacidad de concentración y de coordinación); por otra parte, en situaciones de carencia de oxígeno sólo resulta posible la combustión de glucosa, no la de grasa.

Las cargas de resistencia, dependiendo de su duración e intensidad, producen un agotamiento más o menos pronunciado de las reservas energéticas (v. fig. 68). Las existencias de glucógeno intracelular disminuyen con especial rapidez en los primeros 20 minutos de una carga intensa, mientras que lo hacen en menor medida durante los siguientes 40-60 minutos debido a un mayor consumo de la glucosa transportada por la sangre y a una mayor combustión de lípidos (en medio de una tendencia ya reconocible a disminuir la intensidad del esfuerzo). A continuación se produce la caída final del glucógeno hasta llegar al agotamiento (v. Bergström/Hultman/Saltin, 1973, 74; Taylor/Booth/Rao, 1972, 75).

Cuanto mayores son las existencias iniciales de glucógeno, mayor es la capacidad para producir trabajo con una intensidad elevada.

Este principio ha sido demostrado de forma brillante por Saltin (1973, 140) y Karlsson (cit. en Bosco, 1990, 30; v. fig. 68), con la ayuda de biopsias efectuadas a jugadores de fútbol: el volumen y la intensidad de los rendimientos de carrera de cada jugador estaban en estrecha correlación con el nivel inicial de las reservas energéticas en la musculatura de trabajo.

Con un entrenamiento regular de la resistencia –dando por consabida una nutrición correcta (v. pág. 667)– se produce un aumento de las reservas energéticas a través del constante vaciamiento y la consiguiente repleción, en el proceso conocido como *supercompensación* (v. pág. 29): el nivel inicial de glucógeno en el músculo y el hígado puede superarse en más de un 100 %. En individuos no entrena-

dos, las existencias de glucógeno se sitúan entre 200 y 300 g en el conjunto de la musculatura, y entre 60 y 100 g en el hígado; en individuos entrenados la cantidad puede doblar las cifras anteriores (cf. Saltin, 1973, 127; Israel/Weber, 1972, 55; Currie y cols., 1981, 271; Jacobs y cols., 1982, 297; Israel 1988, 86; McKenna y cols., 1988, 91).

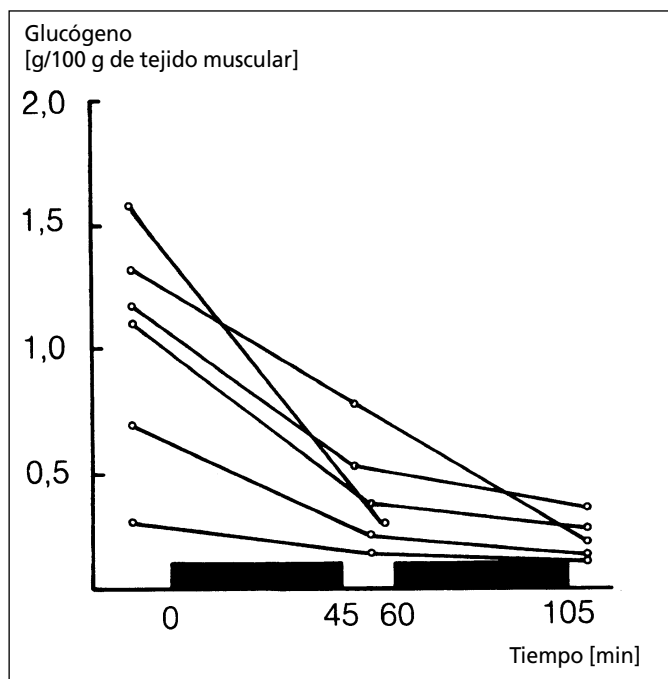


Figura 68. Reducción del contenido en glucógeno en el músculo cuádriceps femoral de futbolistas, en el transcurso y después de un partido de primera división de la liga sueca (tomado de Karlsson, 1969, cit. en Bosco, 1990, 30).

Después de un agotamiento completo del glucógeno, la recuperación del nivel de partida puede durar unas 46 horas. Hemos de destacar que la resíntesis de las reservas energéticas celulares transcurre con mayor rapidez en las primeras 5 o 6 horas que en las horas posteriores, y que el proceso se acelera en las fibras FT en comparación con las ST (Piehl, 1975, 37).

En el entrenamiento de resistencia los vaciamientos y repleciones sucesivos producen un aumento de las reservas energéticas. El nivel de partida se incrementa siempre en una cantidad escasa, y al final el aumento de glucógeno puede superar el 100 % de las reservas iniciales en el músculo y en el hígado.

El contenido en glucógeno del músculo esquelético se sitúa normalmente entre 1 y 2% (g por 100 g de músculo), y el del hígado entre 1,5 y 6% (Keul/Doll/Kepler, 1969, 30). Después de la última ingesta de alimento, las necesidades de glucógeno pueden quedar cubiertas durante un periodo entre 8 y 12 horas con las reservas del hígado (Siegenthaler, 1973, 80). Las existencias de glucosa en sangre

son relativamente escasas, situándose en unos 6 g. Esta cantidad alcanza para un trabajo máximo de unos 2 minutos de duración (Nöcker, 1974, 26).

Interesa señalar además que la regulación del azúcar en la sangre es una función desempeñada sólo por el glucógeno del hígado, pues sólo el hígado posee la enzima necesaria para liberar glucosa a partir del glucógeno, la glucosa-6-fosfatasa, y por tanto para transportar la glucosa a través del torrente sanguíneo hacia la célula muscular. El músculo no dispone de esta capacidad (cf. Gollnick/King, 1969, 27).

No sólo aumentan las reservas de glucógeno, sino también las reservas intracelulares (esto es, directamente disponibles) de lípidos.

Según Schön (1978, 78), los deportistas entrenados en resistencia presentan un volumen de partículas neutras de lípidos (sobre todo en las fibras ST) que triplica el de las personas normales.

El crecimiento en paralelo de las reservas intracelulares de glucosa y de lípidos es, junto al aumento del glucógeno hepático, una condición previa importante para la mejora de la capacidad de rendimiento en resistencia.

La glucosa y los ácidos grasos contribuyen en distinta medida al suministro energético, dependiendo de la intensidad, el volumen y el nivel de entrenamiento del sujeto (v. pág. 83). Con cargas submáximas y máximas (mayores del 95% de la capacidad máxima de consumo de oxígeno) se metaboliza exclusivamente glucosa (Saltin, 1973, 141); con cargas bajas (30-50% del consumo de oxígeno máximo) el porcentaje de glucosa se sitúa entre el 40% y el 50%, y sólo con cargas de resistencia extremas se acerca el metabolismo de lípidos a un porcentaje del 90 % (Senger/Donath, 1977, 395), ya en situación de carencia auténtica de hidratos de carbono (debido al agotamiento de las reservas de glucógeno hepáticas y musculares).

De aquí se deduce que la movilización y el aprovechamiento de los ácidos grasos libres (AGL) está limitada por la intensidad del trabajo.

Cuanto mejor es el estado de entrenamiento, mayor es la capacidad (al aumentar la intensidad) de liberación y transporte de AGL y de consumo de éstos por parte de los tejidos (v. Paul/Holmes, 1975, 182; Senger/Donath, 1977, 395, entre otros).

El hecho tiene importancia en la medida en que la combustión de AGL permite a los músculos proteger las exis-

tencias de glucógeno propias y el depósito de glucógeno en el hígado, fundamental para mantener un nivel normal de azúcar en sangre (normalmente en torno a los 100 mg%).

En este contexto interesa señalar además que el entrenamiento en altura produce un cambio de la oferta y del metabolismo del sustrato en el sentido de una mayor movilización y oxidación de AGL (Howald/Maier, 1971, 56).

Así pues, la capacidad de rendimiento en resistencia en el nivel de intensidad elevado está determinada no sólo por el nivel inicial de las reservas de glucógeno en el hígado y en los músculos y por los depósitos intracelulares de lípidos, sino también por la capacidad para metabolizar AGL con una intensidad de carga elevada.

En el músculo entrenado en resistencia no sólo aumentan las reservas energéticas y se economiza el consumo de glucógeno por la mejor oxidación de los AGL, sino que crece además el contenido en mioglobina. Holloszy (1975, 155 s.) ha constatado un aumento de la mioglobina del 80 % en sujetos entrenados en resistencia. La mioglobina se encuentra en grandes concentraciones en las fibras ST

(Karlsson y cols., 1975, 362) –conocidas como fibras “rojas” debido a una mayor coloración roja, en contraposición con las fibras FT, “blancas”– y puede, al igual que la hemoglobina, almacenar oxígeno de forma reversible, siendo por tanto una reserva de oxígeno de capacidad relativamente escasa. El oxígeno procedente de la mioglobina queda disponible en una medida limitada para los procesos aeróbicos. De esta forma se puede compensar, en el inicio del trabajo, las carencias del transporte de oxígeno por el torrente sanguíneo, reduciendo así el porcentaje de producción de energía anaeróbica.

Consecuencias de la carencia de hidratos de carbono

La carencia de hidratos de carbono y el descenso del azúcar en la sangre reducen no sólo la capacidad de rendimiento físico, sino también la capacidad de rendimiento del sistema nervioso central; este último proceso se manifiesta en forma de empeoramiento de las capacidades de percepción, anticipación y reacción, menor velocidad de acción, pérdida de motivación y trastornos en el ámbito de la regulación motora (cf. Diebschlag, 1988, 7). La figura 69 muestra las diferencias en el comportamiento de reacción de deportistas con distinto nivel de entrenamiento en resistencia. Se puede observar que, con un agotamiento

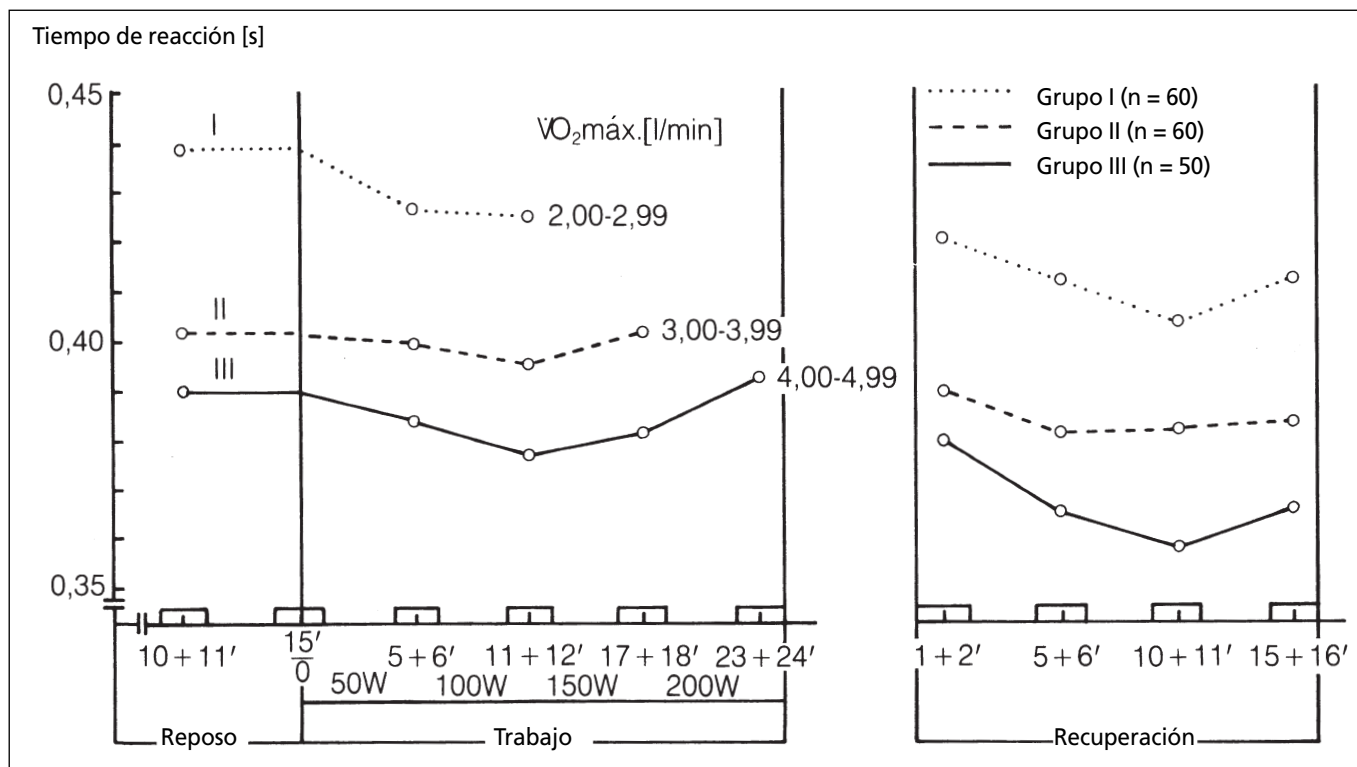


Figura 69. Tiempo de reacción de tres grupos con distintos niveles de entrenamiento en resistencia, mostrando las fases de reposo, trabajo y recuperación. Como criterio bruto de la capacidad de rendimiento en resistencia se tomó el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$ máx): el grupo I ($\dot{V}O_2$ máx de 2,00-2,99 l/min) se clasifica aquí como poco entrenado en resistencia; el grupo II ($\dot{V}O_2$ max de 3,00-3,99 l/min), como grupo medio, y el grupo III (4,00-4,99 l-min), como muy entrenado en resistencia (de Bula/Chmura, 1984, 50).

creciente, el tiempo de reacción empeora en menor medida en los deportistas mejor entrenados en resistencia.

La figura 69 confirma que la capacidad de rendimiento en resistencia influye de forma duradera sobre el tiempo de reacción, tanto en reposo como durante la carga y después de ésta (recuperación). Cuanto más desarrollada está en el deportista la capacidad de rendimiento en resistencia, tanto mejor es su capacidad de reacción en condiciones de carga, y tanto más rápido se recupera el estado de reacción óptimo después de la carga.

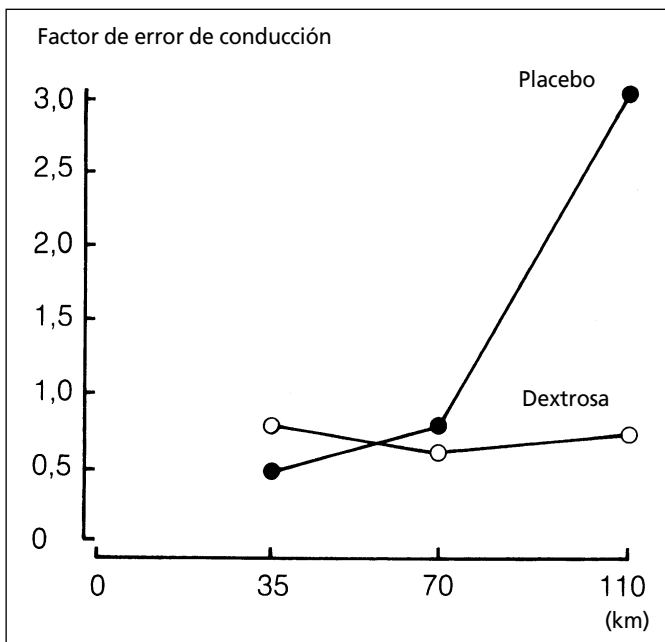


Figura 70. Aumento del factor de error al volante, con concentración prolongada en carretera, con y sin dextrosa (la dextrosa fue, en algunos casos, sustituida por un placebo) (tomado de Keul y cols., 1988, 3).

Lindenmeyer (cit. en Bula/Chmura, 1984, 52) ha demostrado que los sujetos entrenados en resistencia presentan, después de cargas corporales, tiempos de reacción más breves que los sujetos entrenados en velocidad, debido a su mejor capacidad de recuperación.

La figura 70 muestra que la carencia de azúcar (debida a un bajo nivel de azúcar en sangre después de cargas voluminosas o intensas) incrementa de forma significativa la cuota de errores cognitivos.

Sobre la importancia de una nutrición rica en hidratos de carbono para la capacidad de rendimiento en resistencia del deportista, remitimos a la página 594.

Capacidad de rendimiento en resistencia y actividades enzimáticas celulares

Los procesos de adaptación originados por el entrenamiento no transcurren aislados unos de otros, sino en es-

trecha correlación; por tanto, el desarrollo de *todas* las estructuras parciales que forman un sistema funcional jerárquicamente superior tiene lugar siempre en paralelo. Con el aumento de las reservas energéticas va asociada una mayor actividad de las enzimas que metabolizan estos productos energéticos.

Como muestran numerosos estudios, la actividad enzimática tiene lugar, dependiendo de las modalidades de entrenamiento, en el sarcoplasma (sede de la producción de energía anaeróbica), en las mitocondrias (sede de la producción de energía aeróbica) o en los dos ámbitos.

El entrenamiento predominantemente *aeróbico* aumenta sobre todo la capacidad enzimática *aeróbica* y el entrenamiento *anaeróbico*, la capacidad *anaeróbica*. En toda adaptación por entrenamiento se observa un efecto no sólo específico, sino también local, en relación con la actividad enzimática: los valores máximos se encuentran en los deportistas mejor entrenados, y concretamente en los grupos musculares sometidos a trabajo más intenso durante el entrenamiento y la competición (Saltin, 1973, 139).

El entrenamiento aeróbico asegura una cantidad elevada de enzimas oxidativas (aeróbicas) y aumenta su velocidad metabólica a través de un incremento considerable de su actividad. De esta forma se mejora el suministro energético y la capacidad de resistencia contra la fatiga (cf. Schmidtbleicher/Haralambie, 1981, 221; Schwabergger y cols., 1982, 3; Neumann, 1988, 407). Bajo el influjo de un entrenamiento de resistencia aeróbica no sólo se producen modificaciones en el número y la actividad de las enzimas, sino que se duplican o triplican —como requisito de dichas modificaciones— el número y el tamaño (superficie) de las propias *mitocondrias* (cf. Saltin, 1973, 139; Schön, 1978, 77). Las mitocondrias se encuentran en el líquido celular que rodea las fibras musculares. En ellas desarrollan su actividad las enzimas aeróbicas, metabolizando nutrientes ricos en energía. Por ello se considera a las mitocondrias las “centrales térmicas” de la célula, en nuestro caso de la célula muscular. La figura 71 muestra una visión global de los cambios inducidos por el entrenamiento de resistencia aeróbica.

En paralelo al incremento del número y superficie de las mitocondrias se produce un aumento del número y la actividad de las enzimas aeróbicas, y con ello una mayor “capacidad de caudal” energético. Éste es, a su vez, un factor determinante para la eliminación rápida de las sustancias derivadas de la fatiga (p. ej., lactato) que aparecen en la combustión anaeróbica de la glucosa.

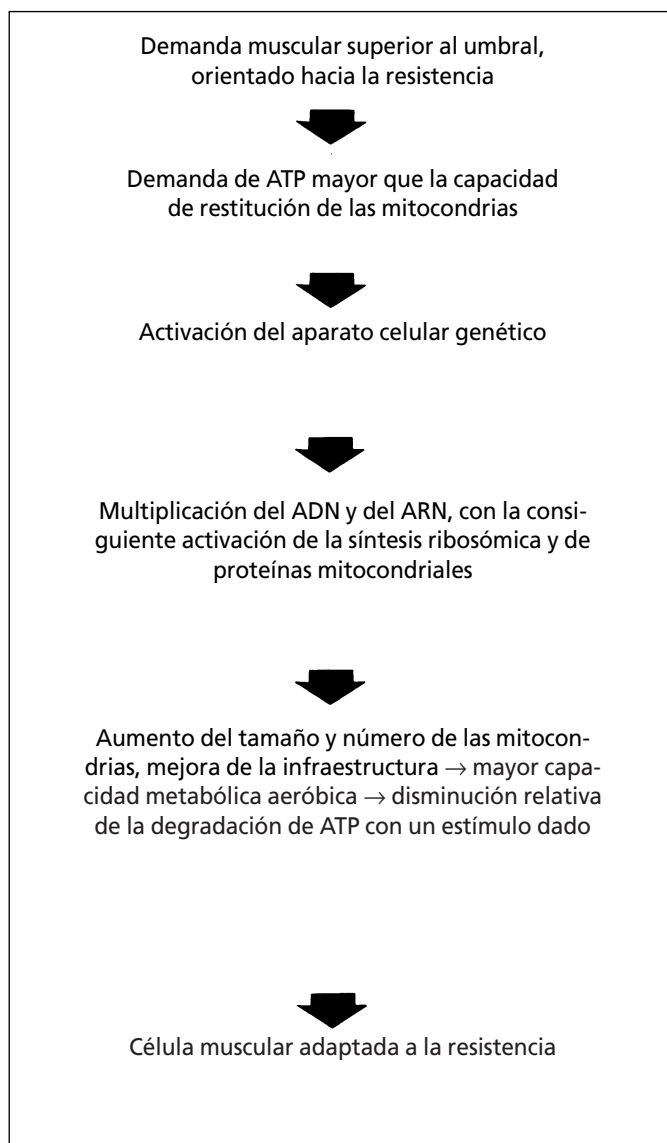


Figura 71. Modelo hipotético de la adaptación a un entrenamiento de resistencia aeróbica (modificado de Meerson, 1973).

La figura 72 muestra que los deportistas entrenados están en mejor situación que los no entrenados para eliminar de la sangre el lactato producido: al aumentar la carga observamos en estos últimos un ascenso más pronunciado del lactato en sangre como signo de una menor capacidad de eliminación de esta sustancia.

Un entrenamiento aeróbico de sólo 6 semanas basta para mejorar de forma decisiva la capacidad de las mitocondrias (cf. Howald, 1989, 23).

No obstante, es importante indicar en este contexto que un entrenamiento anaeróbico demasiado intenso restringe la capacidad de rendimiento de las mitocondrias. Se producen en este caso destrucciones estructurales progresivas y finalmente un descenso de su número y su tamaño,

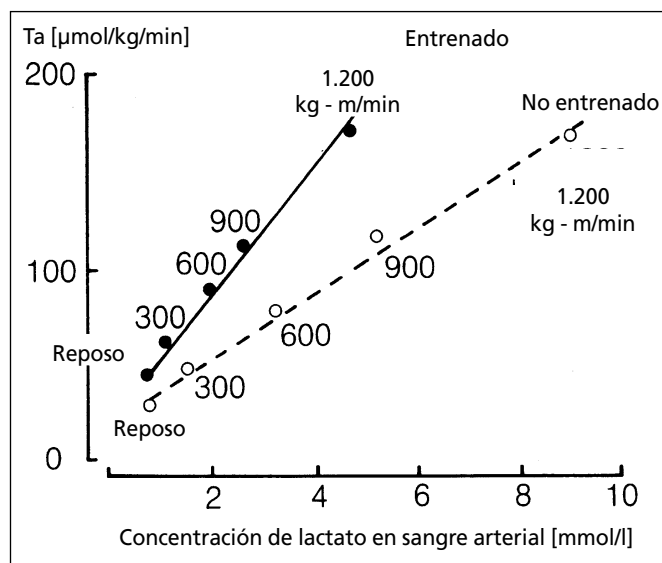


Figura 72. Tasa de eliminación de lactato (T_a) en función de su nivel en sangre arterial con carga creciente en sujetos entrenados y no entrenados (modificado de Stanley y cols., 1985).

proceso que acarrea una pérdida de capacidad de trabajo aeróbico, y con ello una menor capacidad de recuperación y de resistencia ante la fatiga. La causa de la desaparición de las mitocondrias radica en que las cargas intensas producen tumefacción y desgarramientos mínimos de la membrana en el ámbito de las mitocondrias. La hiperacidificación intracelular reduce la capacidad de regeneración de las estructuras mitocondriales, y los “trabajos de reparación” necesarios no discurren ya con la suficiente rapidez en el sentido de una adaptación estructural. De esta forma tiene lugar su deterioro a largo plazo y por tanto su desaparición, con la correspondiente caída del rendimiento en el ámbito aeróbico.

La figura 73 muestra que el aumento de la capacidad de rendimiento en resistencia produce un desplazamiento hacia la derecha de la curva del lactato (v. también el capítulo de las pruebas de lactato, pág. 182). El jugador sólo se “acidifica” con una velocidad de carrera mayor; de esta forma puede trabajar más tiempo de forma aeróbica con intensidades elevadas.

Cuanto mejor es la resistencia de base del deportista, tanto más tarde supera el “umbral anaeróbico”, criterio utilizado a menudo en la evaluación del rendimiento para medir la capacidad de rendimiento aeróbico.

Hasta alcanzar el umbral anaeróbico la capacidad aeróbica resulta suficiente para impedir el ascenso del ácido láctico, factor que restringe el rendimiento. Cuando se su-

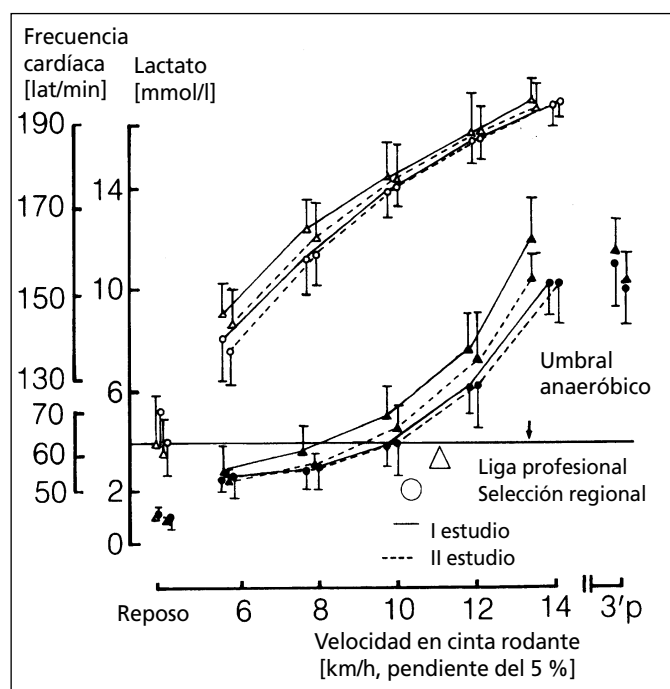


Figura 73. Comportamiento del lactato y de la frecuencia cardíaca con carga ascendente y escalonada en la cinta rodante; efectúan los tests dos grupos de jugadores de balonmano de diferente nivel de juego, al principio (I estudio) y al final (II estudio) de la temporada de juego (tomado de Flöthner/Hort, 1983, 25; modif. de Kindermann 1983, 27).

para este umbral se produce un rápido ascenso del lactato, pues la capacidad de eliminación del sistema aeróbico se ve desbordada por la intensidad de la carga, demasiado elevada. Si la acidificación resulta excesiva, se tiene que reducir el ritmo de carrera o de lo contrario se llega a una interrupción de la carga. En su conjunto, los cambios que hemos descrito actúan sobre la “capacidad de caudal” y la regulación de la oxidación del sustrato dentro del ciclo del citrato, y sobre el transporte de electrones dentro de la cadena respiratoria, esto es, se produce un aumento de la capacidad oxidante y, por tanto, de la capacidad de rendimiento en resistencia aeróbica.

Con cargas de entrenamiento anaeróbicas aumentan la capacidad de las enzimas glucolíticas y las posibilidades de mantener el rendimiento de trabajo pese a una hiperacidificación marcada.

No obstante, la capacidad para soportar grados máximos de acidosis no sólo depende del estado de entrenamiento, sino también de la edad; los niños y jóvenes tienen una capacidad anaeróbica menor (v. págs. 102 y 199).

Mecanismo hormonal de regulación y capacidad de rendimiento en resistencia

Los procesos metabólicos en el organismo humano tienen lugar mediante procesos reguladores hormonales, fi-

namente ajustados y mejorables con el entrenamiento. El trabajo de resistencia provoca diferentes cambios y síntomas de adaptación del sistema hormonal que contribuyen a incrementar la capacidad de rendimiento.

1. Hipertrofia de las glándulas productoras de hormonas

En experimentos con animales se ha demostrado que los individuos entrenados mejoran su capacidad de rendimiento hormonal a través de un aumento de tamaño (hipertrofia) de las glándulas secretoras de hormonas (cf. Östman/Sjöstrand, 1971, 202; Song y cols., 1973, 59; Jobidon y cols., 1985, 532).

Un aumento de tamaño del órgano va siempre asociado a una mejora de la capacidad. La figura 74 muestra que las personas entrenadas en resistencia liberan mayores cantidades de las hormonas del rendimiento y del estrés (adrenalina y noradrenalina), lo que les permite alcanzar mayores rendimientos.

Los deportistas con una capacidad hormonal elevada poseen una mayor capacidad de movilización del rendimiento, y pueden por tanto agotar de forma óptima sus reservas de rendimiento.

2. Economización

Un entrenamiento de resistencia intensivo, en un período de entre 2 y 4 semanas, provoca una clara reducción de la simpaticotonía y un aumento de la actividad vagal (cf. Ekblom y cols., 1973, 251; Winder y cols., 1979, 766). El simpático, nervio del rendimiento y antagonista del vago (nervio de la recuperación), regula la adaptación del organismo a las cargas. Incrementa la actividad cardiocirculatoria y el metabolismo energético de forma adecuada a la carga. La reducción de la simpaticotonía se observa claramente en el descenso, dentro del mismo nivel de carga, del nivel de las hormonas del estrés (adrenalina, noradrenalina) —con la consiguiente economización— y en un desplazamiento hacia la derecha del momento de ascenso pronunciado (sólo con cargas elevadas).

La figura 74 muestra claramente que, con una mayor capacidad de rendimiento en resistencia y con igual rendimiento, se produce no sólo una menor cantidad de lactato, sino también una menor secreción de la hormona del estrés. Por tanto, el análisis de las hormonas adrenalina y noradrenalina resulta útil también para el diagnóstico del rendimiento y para la organización del entrenamiento.

El análisis del comportamiento de las catecolaminas con cargas total o predominantemente corporales nos informa sobre el comportamiento en el entrenamiento y el rendimiento, y nos permite también evaluar el comporta-

miento psíquico. Los estudios de Lehmann y cols. (1989, 18) muestran que los deportistas con mejores resultados en competición presentan una secreción menor de catecolaminas que los deportistas de menor capacidad de rendimiento. En este contexto cabe destacar que los deportistas con resultados de rendimiento insatisfactorios (v. también pág. 143) destacan por una elevada secreción de catecolaminas en la noche anterior o bien entre el entrenamiento y la competición (cf. Lehmann y cols., 1989, 18; v. fig. 75).

En los deportistas que antes del inicio de la competición sufren una inquietud psicomotora (demasiado) intensa, asociada a trastornos vegetativos (“miedo escénico”), deportistas cuyo rendimiento no se corresponde con los datos del entrenamiento, se debería estudiar la posibilidad de un control insatisfactorio de la simpaticotonía. Dado que con un carga creciente los niveles de catecolaminas aumentan de forma exponencial (hasta superar unas diez veces el nivel de partida), el análisis de la adrenalina y la noradrenalina podría determinar de forma eficaz el trabajo

de carga individual, y también registrar carencias en la regulación simpato-adrenérgica en la fase anterior a una competición (cf. Lehmann/Keul, 1985, 312). Dicho análisis permite además controlar el posible estado de “sobreentrenamiento” (v. pág. 588); la secreción basal de catecolaminas (catecolaminas = adrenalina y noradrenalina) en deportistas que han pasado por cargas demasiado intensas en el entrenamiento desciende claramente por debajo de los valores normales, y los valores máximos sufren también caídas (cf. Lehmann y cols., 1989, 20).

Como resumen, podemos constatar que los síntomas de adaptación originados en la célula muscular por el entrenamiento en resistencia –mayores reservas energéticas, aumento de la capacidad metabólica de las enzimas, optimización de los mecanismos de regulación hormonal– proporcionan una base mejor para el incremento general de la capacidad de rendimiento.

El grado y la calidad de la mejora de estos procesos metabólicos dependen de los métodos y contenidos de entre-

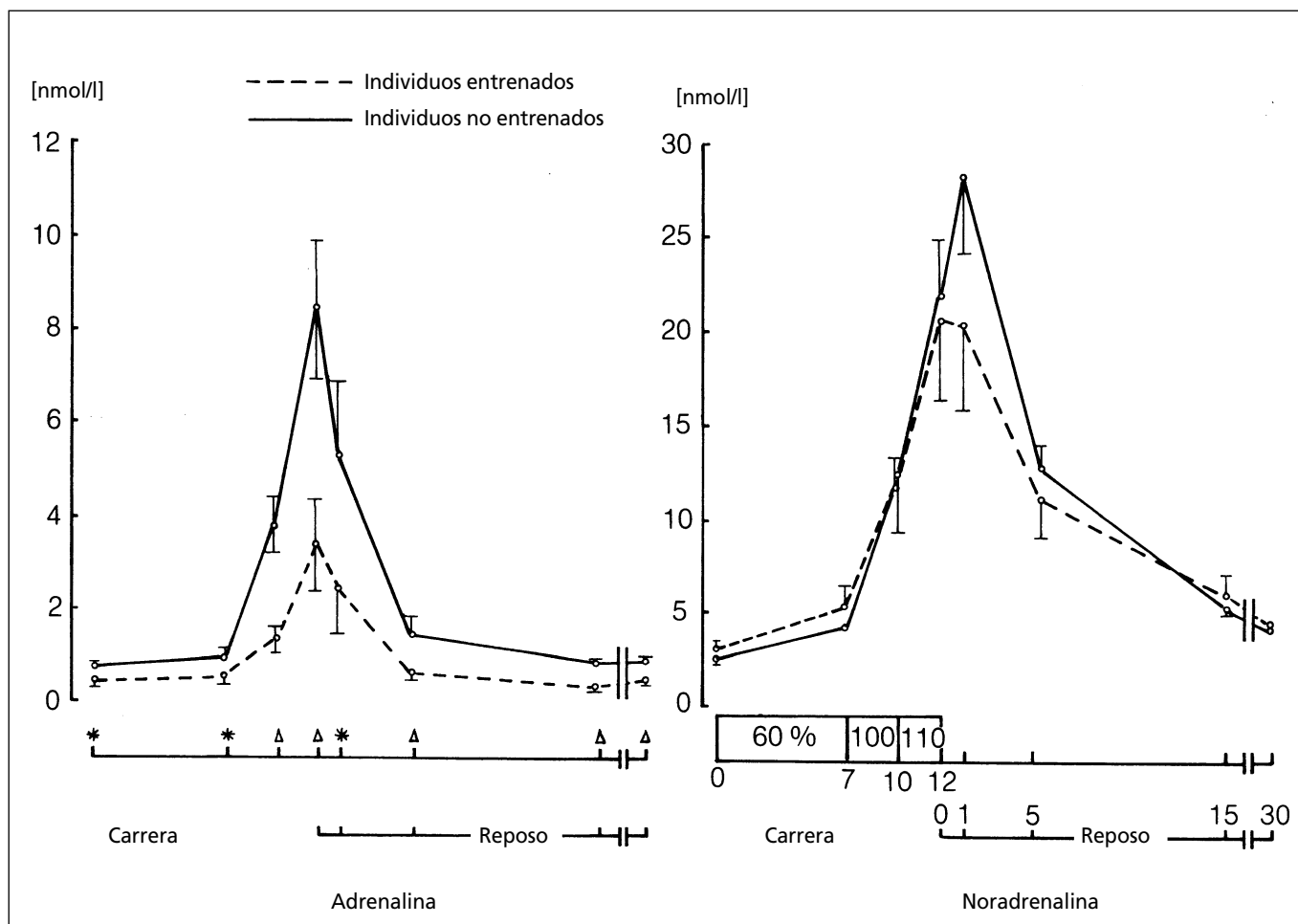


Figura 74. Influjo del entrenamiento sobre la secreción de la hormona del estrés (adrenalina y noradrenalina) con diferentes intensidades de carga (7 min al 60 % del consumo máximo de oxígeno, 3 min al 100 %, 2 min al 110 %), en individuos entrenados y no entrenados (de Kjaer, 1989, 8).

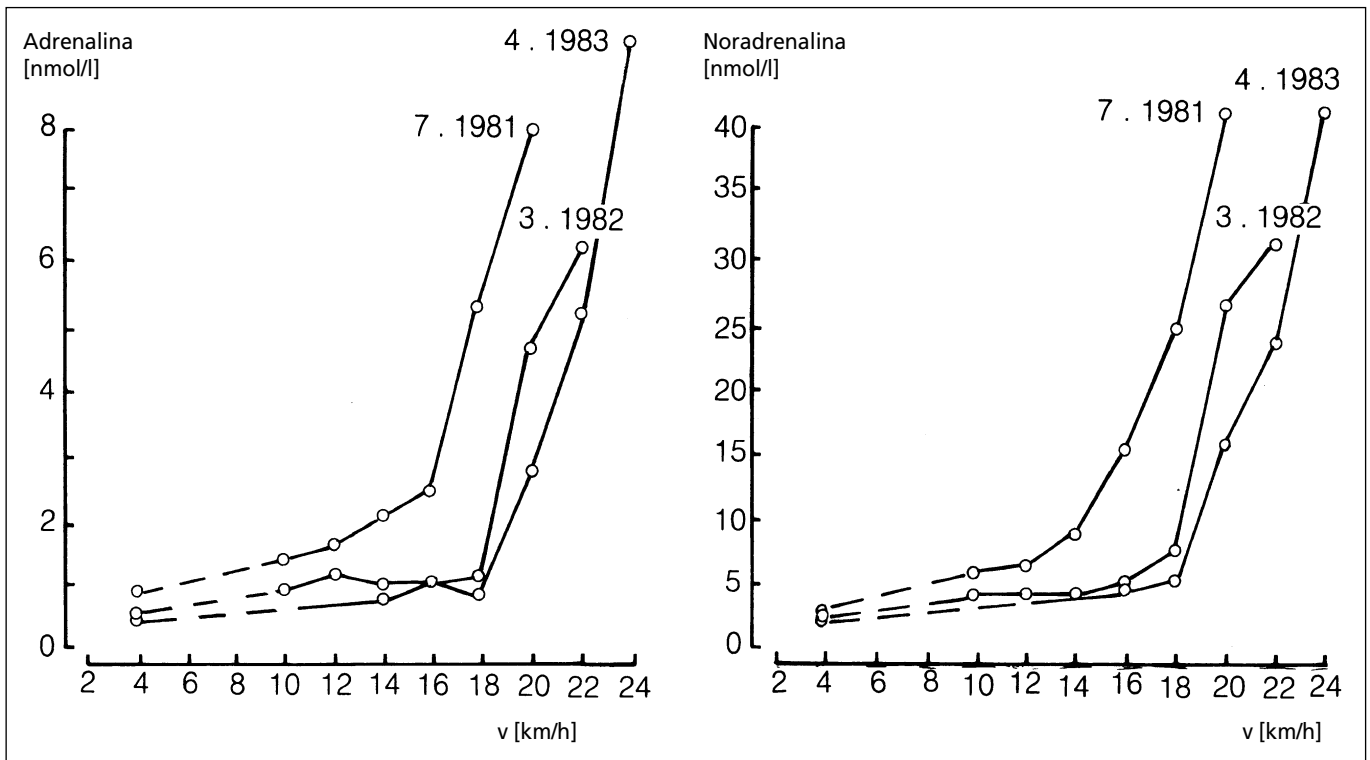


Figura 75. Comportamiento de la adrenalina y la noradrenalina con un aumento gradual de la carga en el transcurso de 3 años de entrenamiento (de Lehmann y cols., 1989, 15).

namiento aplicados. Los errores en la selección de éstos y el trabajo demasiado intenso, con recuperación insuficiente y con nutrición incorrecta (v. pág. 140), producen síntomas de adaptación erróneos, que impiden conseguir el objetivo planteado, y caídas del rendimiento debido a la sobrecarga.

Capacidad de rendimiento en resistencia y los parámetros cardiovasculares

Como hemos mencionado anteriormente (v. pág. 75), todo estímulo de carga incide de forma primaria sobre la célula, y el sistema cardiovascular es en este aspecto sólo un mecanismo auxiliar, cuya tarea es la de satisfacer las necesidades del metabolismo celular.

El mantenimiento del equilibrio entre la necesidad de oxígeno de la célula muscular y la oferta del mismo está asociado al siguiente sistema (cf. Hecht, 1972, 359; Keul/Kindermann/Simon, 1978, 23):

- intercambio de gases en el pulmón (capacidad de difusión);
- corazón como bomba alimentadora;
- sangre como vehículo de transporte de oxígeno;
- lecho capilar (capacidad de intercambio).

Al final de este sistema funcional se encuentra la célula muscular como estímulo de los “sistemas transportadores”. Los receptores sensibles a la acidez en el músculo regulan, según Stegemann (1963, 49), el rendimiento de aporte del sistema cardiovascular en función de la necesidad de sangre en el músculo que trabaja. El intercambio de sustrato y la acumulación, la liberación y la utilización de la energía tienen lugar en la célula muscular (cf. págs. 46 y 140).

El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx.}}$), como criterio básico de la capacidad de rendimiento en resistencia, refleja la eficacia funcional de este sistema en su conjunto. El consumo máximo de oxígeno se suele indicar en relación con el peso corporal. Los valores por encima de 70 ml/kg/min se consideran condición idónea para las competiciones en el ámbito de la resistencia, mientras que los valores por debajo de 60 ml/kg/min indican escasa preparación para competir en la escena internacional. En personas normales, no entrenadas, de entre 25 y 30 años de edad encontramos valores en torno a 45 ml/kg/min (di Pampero, 1973, 3). No obstante, la práctica deportiva muestra que la capacidad de consumo máximo de oxígeno no es suficiente como indicador único de la capacidad de rendimiento en resistencia, y lo mismo ocurre con otro parámetro de gran importancia en este contexto: el tamaño del corazón. Aunque hace 10 años se conseguían ya valo-

res elevados en comparación con los actuales, no se pudo constatar en este lapso de tiempo una mejora extraordinaria en todas las disciplinas de resistencia. Este hecho es un claro indicio de la existencia de determinadas magnitudes metabólicas, además de la capacidad de consumo máximo de oxígeno y del tamaño del corazón (v. pág. 137 s.), que desempeñan, entre otros factores, un papel decisivo para la capacidad de rendimiento en resistencia.

Los diferentes métodos de entrenamiento pueden influir en mayor o menor medida sobre este sistema. Algunos de ellos producen, por ejemplo, un aumento relativamente rápido de tamaño del corazón, y en cambio contribuyen en escasa medida a mejorar la superficie de intercambio de los capilares (los vasos sanguíneos más finos, a través de los cuales se produce el intercambio de sustancias con la célula muscular). Por el contrario, otros métodos influyen marcadamente sobre la capilarización (aumento del número de capilares) y menos sobre la hipertrofia del corazón. Se ve, pues, que los distintos métodos y contenidos de entrenamiento pueden influir de forma muy detallada sobre las siguientes magnitudes cardiovasculares, con las lógicas consecuencias para la metodología del entrenamiento.

Dado que hemos comenzado con la capacidad de rendimiento en resistencia al nivel de la célula, iremos comentando en sentido inverso los diferentes componentes que condicionan el consumo máximo de oxígeno.

Entrenamiento, capilarización y regulación periférica

El suministro de energía, es decir, su transformación en la célula muscular, depende del transporte de oxígeno y sustrato hacia el músculo y de la eliminación de los residuos metabólicos a través de los capilares. Así pues, el aumento del riego sanguíneo debido a una mayor superficie de intercambio capilar periférico es una característica esencial para la capacidad de rendimiento metabólico del músculo (cf. Barclay, 1975, 119). En el músculo que trabaja se produce una dilatación selectiva de los vasos sanguíneos —o bien, recíprocamente, se produce una oclusión en las zonas no sometidas a carga—, creándose una nueva distribución del torrente sanguíneo; el músculo que trabaja se beneficia de un 20 % aproximadamente del torrente sanguíneo total en situación de reposo y de un 80 % aproximadamente en situación de carga (v. Strauzenberg/Schwidtmann, 1976, 400; cf. Treumann, 1969, 44; Heyer/Köhler, 1975, 75, entre otros). El riego sanguíneo local se multiplica por 15 o por 20. El entrenamiento puede mejorar aún la regulación del riego sanguíneo.

De esta forma se garantiza un tiempo normal de permanencia de la sangre en los capilares (pese al marcado ascenso en el aumento de la irrigación, casi a la mitad, del

Mientras que en reposo sólo están abiertos el 3-5 % de los capilares disponibles, con cargas de resistencia se abren en su totalidad, dilatándose además. El número de capilares abiertos crece desde los 50 por mm^3 de musculatura hasta multiplicarse por 30 ó por 50, esto es, hasta unos $2.400/\text{mm}^3$. La dilatación simultánea de los capilares multiplica la superficie global por 100 aproximadamente.

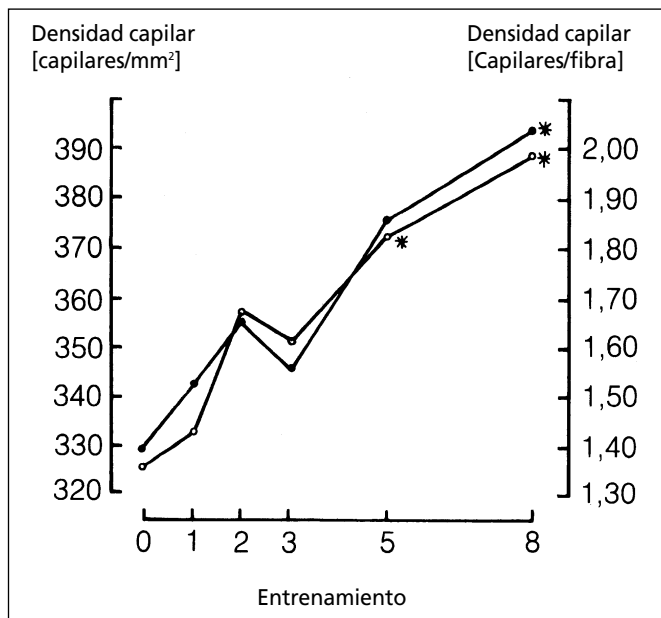


Figura 76. Modificación de la densidad capilar mediante un entrenamiento aeróbico de la resistencia (tomado de Noble, 1986, 64).

tiempo de circulación) y unas condiciones óptimas para el intercambio de oxígeno y de sustrato (tomado de Strauzenberg/Schwidtmann, 1976, 499).

Ahora bien, varios estudios muestran que en sujetos entrenados en resistencia la densidad capilar aumenta aún en mayor medida. Así, Schmidt (1978, 14) encontró que en los sujetos entrenados los capilares por fibra muscular aumentaban un 41,2 % en comparación con las personas normales (cf. también Senger/Donath, 1977, 392; Mellero-wicz/Meller, 1972, 4).

La figura 76 muestra que con el correspondiente entrenamiento se produce un aumento relativamente rápido de la densidad capilar.

No obstante, interesa señalar que las condiciones óptimas para el aumento de los vasos sanguíneos de nueva formación son las de carrera durante un tiempo prolongado (mínimo aprox. de 30 minutos) con presión arterial en incremento constante. Es sabido que al correr se produce la llamada “hipertensión arterial por trabajo”, situándose la presión sistólica en torno a 160 mmHg. Se piensa que la

presión continuada provoca el nacimiento de nuevos capilares –se habla de “capilarización”–, optimizando por tanto el intercambio de sustancias debido al aumento de la superficie de intercambio.

Cuanto mayor es la resistencia de base, mejor es la densidad capilar y, por tanto, la situación de abastecimiento del músculo.

Entrenamiento y sangre

Las concentraciones *relativas* de eritrocitos (glóbulos rojos) y hemoglobina (sustancia que da coloración roja a los glóbulos; la porción hem se ocupa de la combinación con el oxígeno) y su morfología no experimentan cambios significativos en el transcurso del entrenamiento deportivo, en contraposición con lo que ocurre en el entrenamiento en altura. Según Schüler (1970, 103) –que habla incluso de valores inferiores a los normales en el hemograma del deportista de resistencia–, la mayor viscosidad de la sangre durante las cargas de resistencia especialmente intensas (provocada por un ascenso de los eritrocitos) reduciría de forma significativa el volumen minuto cardíaco, obstaculizando así funciones primordiales del líquido circulante (transporte de sustancias del metabolismo, regulación térmica).

Las diferencias que encontramos entre deportistas y no deportistas, entre niños y adultos, o incluso entre hombres y mujeres en cuanto a la capacidad de rendimiento deportivo se reflejan en el volumen sanguíneo *absoluto* y en el contenido total de hemoglobina (Hb) (Schüler, 1970, 105). Según Mellerowicz/Meller (1972, 9) puede producirse un aumento del volumen sanguíneo de entre 1 y 2 litros, y en consecuencia un aumento de la hemoglobina de entre 200 y 300 g. La cantidad de sangre y el total de la hemoglobina disponible están en estrecha correlación con la capacidad de los procesos metabólicos (expresada por el consumo máximo de oxígeno). El aumento del rendimiento en el transcurso de un entrenamiento de resistencia se refleja también en el incremento del volumen sanguíneo. Este último se debe sobre todo a un mayor volumen plasmático (Schüler, 1970, 106).

El incremento del volumen sanguíneo potencia asimismo la capacidad de tampón de la sangre, pues crece la cantidad absoluta de sistemas tampón presentes en ésta.

Entre los sistemas tampón de la sangre figuran el sistema hemoglobina-oxihemoglobina, la plasmaproteína, los bicarbonatos y los fosfatos. La capacidad de tampón global de estos sistemas alcanza, según Roth (cit. en Jakovlev

1977, 48/49), la cifra promedio de 28 miliequivalentes de H⁺ por litro de sangre. La capacidad de tampón se distribuye entre los diferentes sistemas de la siguiente forma: Hb-Hb O₂, 8,0; plasmaproteína, 1,7; fosfatos, 0,3, y bicarbonatos, 18,0.

El incremento de los sistemas tampón es un requisito previo esencial para la reducción de la fatiga corporal, local y general del deportista entrenado en resistencia.

Entrenamiento y corazón

El músculo cardíaco, en contraposición con el músculo esquelético, mantiene una actividad ininterrumpida. Por tanto, su trabajo de contracción depende casi exclusivamente de la obtención de energía aeróbica, más económica. La especialización de la célula del músculo cardíaco se expresa en su extraordinaria riqueza en mitocondrias (éstas suponen casi un 30 % del volumen global de la célula, mientras que en el músculo esquelético, aun después de un entrenamiento de la resistencia, suponen sólo un 5-10 %) y en su modelo enzimático, dispuesto específicamente para este propósito (Kleitke, 1977, 149). En reposo, la oxidación de ácidos grasos suministra hasta el 80 % de la energía; la glucosa y el lactato participan cada uno con un 10 % aproximadamente en el metabolismo energético del corazón (Bühlmann/Froesch, 1974, 47).

Con el trabajo corporal aumenta la participación del lactato en el suministro energético. El hecho no carece de importancia para evitar una acidosis metabólica originada por la carga: cuanto mayor es el corazón, más ácido láctico puede metabolizar, y más contribuye de manera indirecta a desplazar el umbral de la fatiga general.

Un entrenamiento en resistencia con la debida intensidad y con un volumen suficiente contribuye a desarrollar un “corazón de deportista”, en el sentido de un aumento de sus cavidades (dilatación) y del grosor de sus paredes (hipertrofia). Sin embargo, con esta hipertrofia del miocardio (la resíntesis de un mayor número de elementos celulares funcionales reduce el rendimiento del trabajo por unidad de peso del miocardio a valores normales [Kleitke, 1977, 251]) no se superan nunca los 500 g de “peso crítico del corazón”; el abastecimiento de sangre al miocardio no sería óptimo en corazones más pesados.

La figura 77 muestra la forma en que el entrenamiento de la resistencia desarrolla un corazón capaz de mayor rendimiento.

En sujetos no entrenados encontramos pesos del corazón de entre 250 y 300 g, con volúmenes de entre 600 y 800 ml e índices de 11-12 ml/kg de peso corporal; en cambio, en sujetos entrenados en resistencia aparecen valores de entre 350 y 500 g, 900-1.300 ml o 14-17 ml/kg y más (cf. Mellerowicz/Meller, 1972, 16; Israel/Weber, 1972, 55; Strauzenberg/Schwidtmann, 1976, 497; cf. fig. 78).

Como se puede ver en la figura 79, el volumen del corazón (y, estrechamente asociada a éste, la capacidad de rendimiento en resistencia) puede aumentarse en un plazo de tiempo relativamente breve.

En paralelo a este proceso se produce el ya mencionado desplazamiento hacia la derecha del umbral anaeróbico, como expresión de una mayor capacidad aeróbica y de resistencia ante la fatiga.

El aumento de tamaño del corazón es una condición previa esencial para la ampliación del volumen sistólico (VS), y por tanto para el ascenso pronunciado de la capacidad de consumo de oxígeno, necesaria para las cargas de resistencia. Un aumento de volumen cardíaco en torno a los 100 ml origina, según Israel (cit. en Strauzenberg/Schwidtmann, 1976, 497), un ascenso del consumo máximo de oxígeno de 200 ml y más.

Un volumen sistólico elevado, como encontramos en el corazón del sujeto entrenado en resistencia, es la base de un trabajo económico en el ámbito submáximo y una condición previa para mejorar los valores de rendimiento máximos del transporte de sustrato durante las cargas máximas.

El sujeto entrenado en resistencia presenta en reposo una frecuencia cardíaca (FC) de unos 40 latidos/min (el no entrenado en torno a 70) y un volumen sistólico de unos 105 ml (el no entrenado de 60-70 ml). En situación de carga, el sujeto entrenado en resistencia puede multiplicar su frecuencia cardíaca por cinco (el no entrenado por tres), elevando el volumen sistólico hasta más del doble y manteniéndolo constante incluso con frecuencias próximas a las 200 latidos/min (Strauzenberg/Schwidtmann, 1976, 498).

Como consecuencia de la mayor frecuencia cardíaca y del mayor volumen sistólico, en el deportista entrenado se produce un considerable aumento del volumen minuto cardíaco (VMC), que pasa de 4-5 l/min en reposo a 30-40 l/min en situación de carga (en el sujeto no entrenado se sitúa en torno a los 20 l/min), y por tanto un ascenso significativo de la capacidad de consumo de oxígeno, factor que limita el rendimiento en resistencia (v. Mellerowicz/Meller, 1972, 16; Strauzenberg/Schwidtmann, 1976, 498).

Finalmente, interesa señalar que el tamaño del corazón, esto es, el volumen cardíaco, está relacionado muy estrechamente no sólo con el volumen sistólico, el volumen minuto cardíaco, el pulso de oxígeno (esto es, la can-

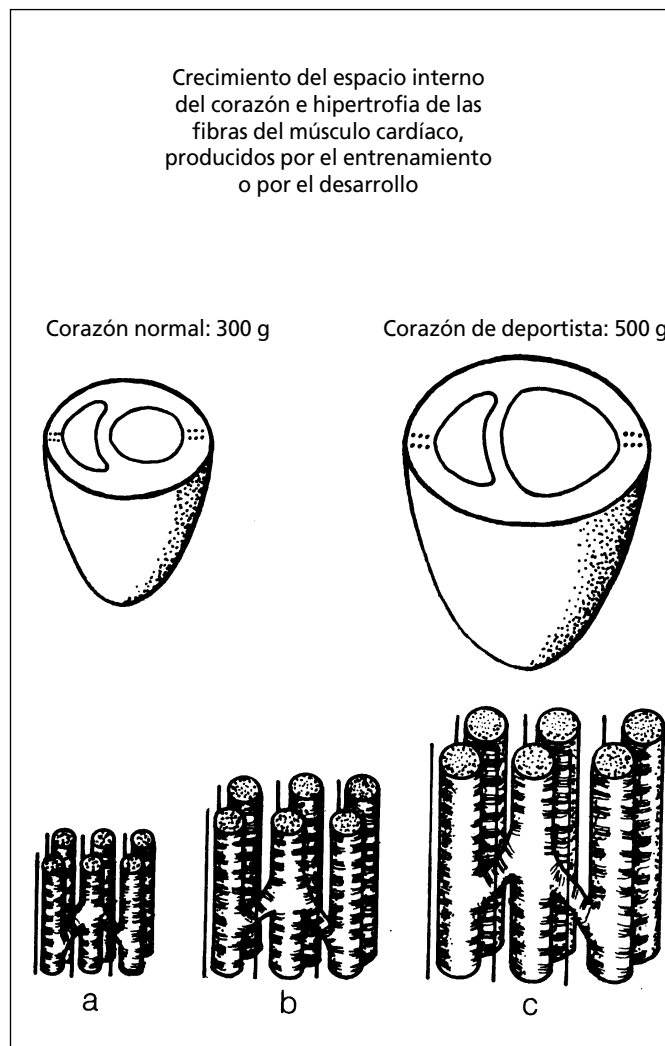


Figura 77. Representación esquemática de las fibras del músculo cardíaco con sus correspondientes capilares en el transcurso del desarrollo y durante un proceso de entrenamiento de resistencia: a) corazón de un lactante, b) corazón de un adulto, c) corazón de un deportista (de Gauer, tomado de Blasius, cit. en Hollmann/Hettinger, 1976, 435).

cantidad de oxígeno consumida por latido cardíaco), la capacidad de consumo máximo de oxígeno y por tanto con la capacidad de rendimiento en resistencia, sino también con el volumen total de sangre, la cantidad total de hemoglobina, la capilarización de los músculos que trabajan y con el tamaño del hígado en tanto que órgano principal del metabolismo (cf. Strauzenberg/Schwidtmann, 1976, 497; Israel/Weber, 1972, 55; Keul/Kindermann/Simon, 1978, 25).

Estas relaciones subrayan una vez más el hecho de que todos los parámetros implicados en la capacidad de rendimiento deportivo mejoran de forma armónica a través del entrenamiento y se condicionan recíprocamente.

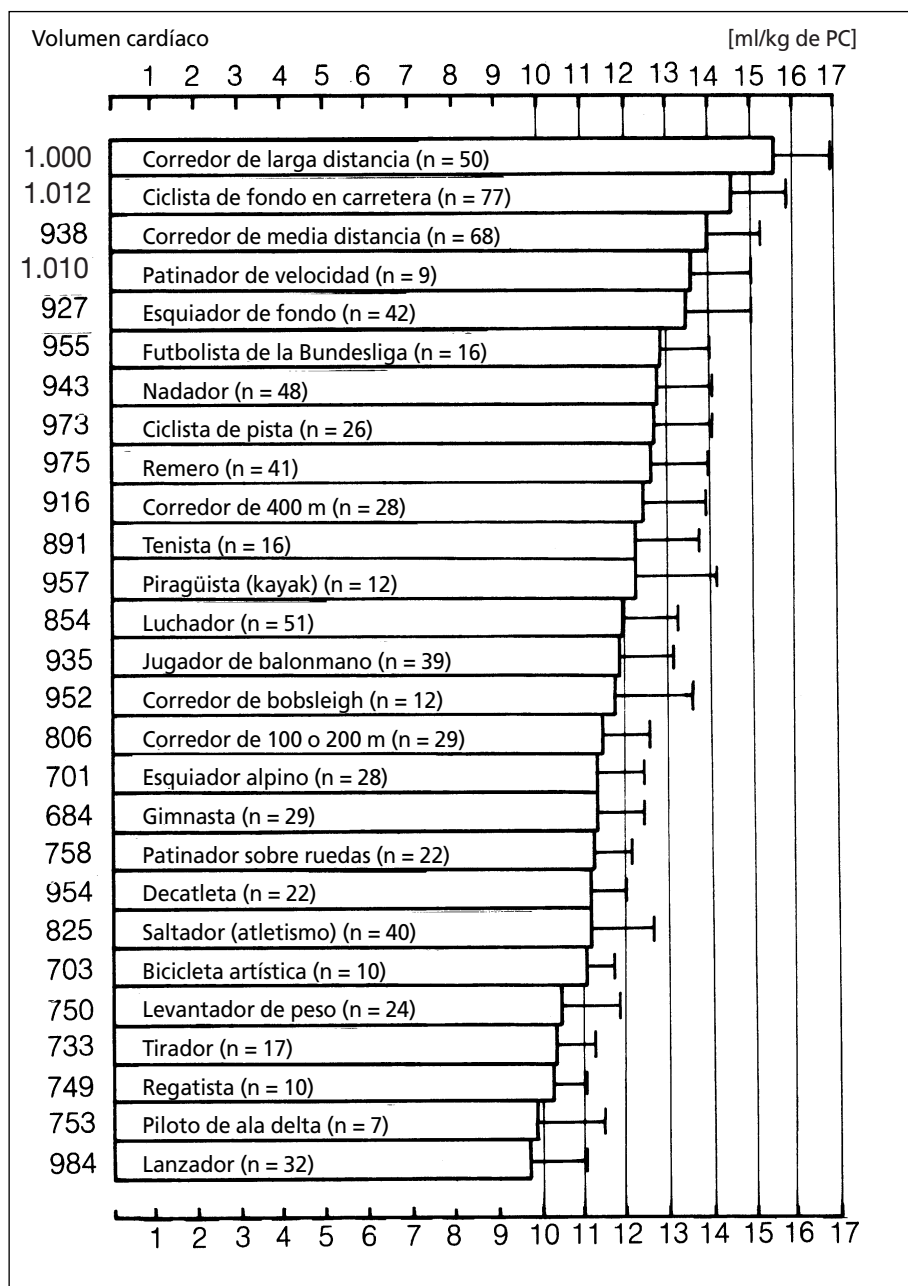


Figura 78. Tamaño del corazón (volumen cardíaco absoluto y relativo) en 805 deportistas de rendimiento de la elite nacional e internacional en diferentes modalidades; valor normal para el volumen cardíaco relativo: 11 (10-12) ml/kg de peso corporal (cf. Kindermann, 1983, 23).

Como métodos de entrenamiento para aumentar de forma rápida el tamaño del corazón se puede utilizar el método interválico (v. pág. 159) y el método continuo intensivo (v. pág. 156). No obstante, el inconveniente de estos métodos radica en una carga intensa del metabolismo de la glucosa; con una práctica en exceso frecuente, y combinados con otras cargas de entrenamiento y de competición, pueden “consumir” rápidamente al deportista. La tabla 17 ofrece un resumen de los síntomas de adaptación del músculo y del sistema cardiovascular ante un entrenamiento de la resistencia aeróbico.

Entrenamiento y pulmones

En circunstancias normales, el volumen pulmonar y la capacidad de difusión no son factores limitadores del rendimiento con cargas de resistencia (Keul/Kindermann/Simon, 1978, 23). No obstante, las cargas de resistencia provocan síntomas de adaptación también en este ámbito. Sobre todo al inicio del entrenamiento, en la edad juvenil, se puede desarrollar, en una caja torácica ensanchada por cargas de resistencia, un pulmón de rendimiento de mayor volumen (cf. Mellerowicz/Meller, 1972, 17/18) y de mayor capacidad de difusión (Chrustschow y cols., 1975, 365). A

esto se añade una hipertrofia por actividad de la musculatura respiratoria y una economización de la función respiratoria, caracterizadas por una mayor profundidad del aliento y una menor frecuencia respiratoria en reposo y bajo cargas submáximas.

Técnica respiratoria

En las modalidades de resistencia, la capacidad de rendimiento del deportista puede verse obstaculizada en cierta medida por una técnica respiratoria defectuosa. Como ritmo respiratorio se debería buscar, dependiendo de la carga, un ritmo diferente entre la respiración y el paso: con una carga escasa elegiremos una relación 4:4 (inspirar sobre cuatro pasos y espirar sobre otros cuatro); con carga media, 2:2, y con carga máxima, 1:1 (Ilg/Köhler, 1977, 915). La respiración debería efectuarse acentuando de forma activa la espiración (para una mejor eliminación del dióxido de carbono).

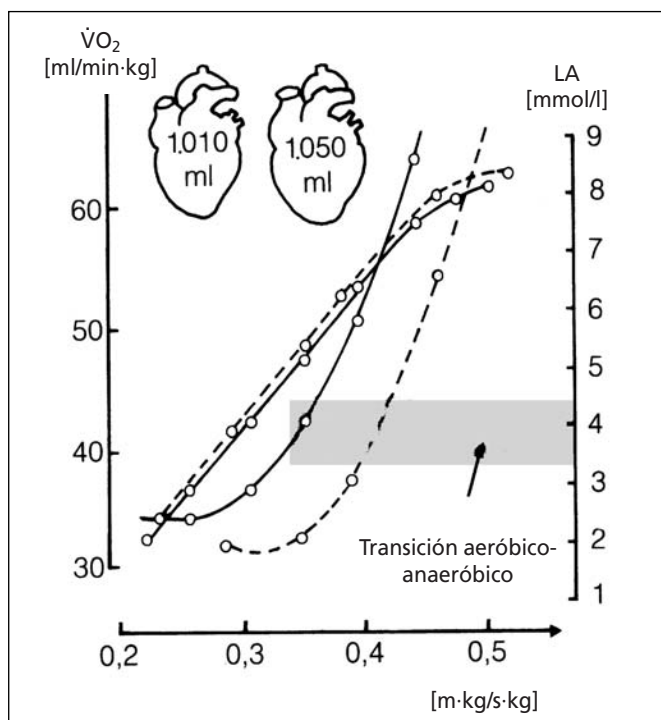
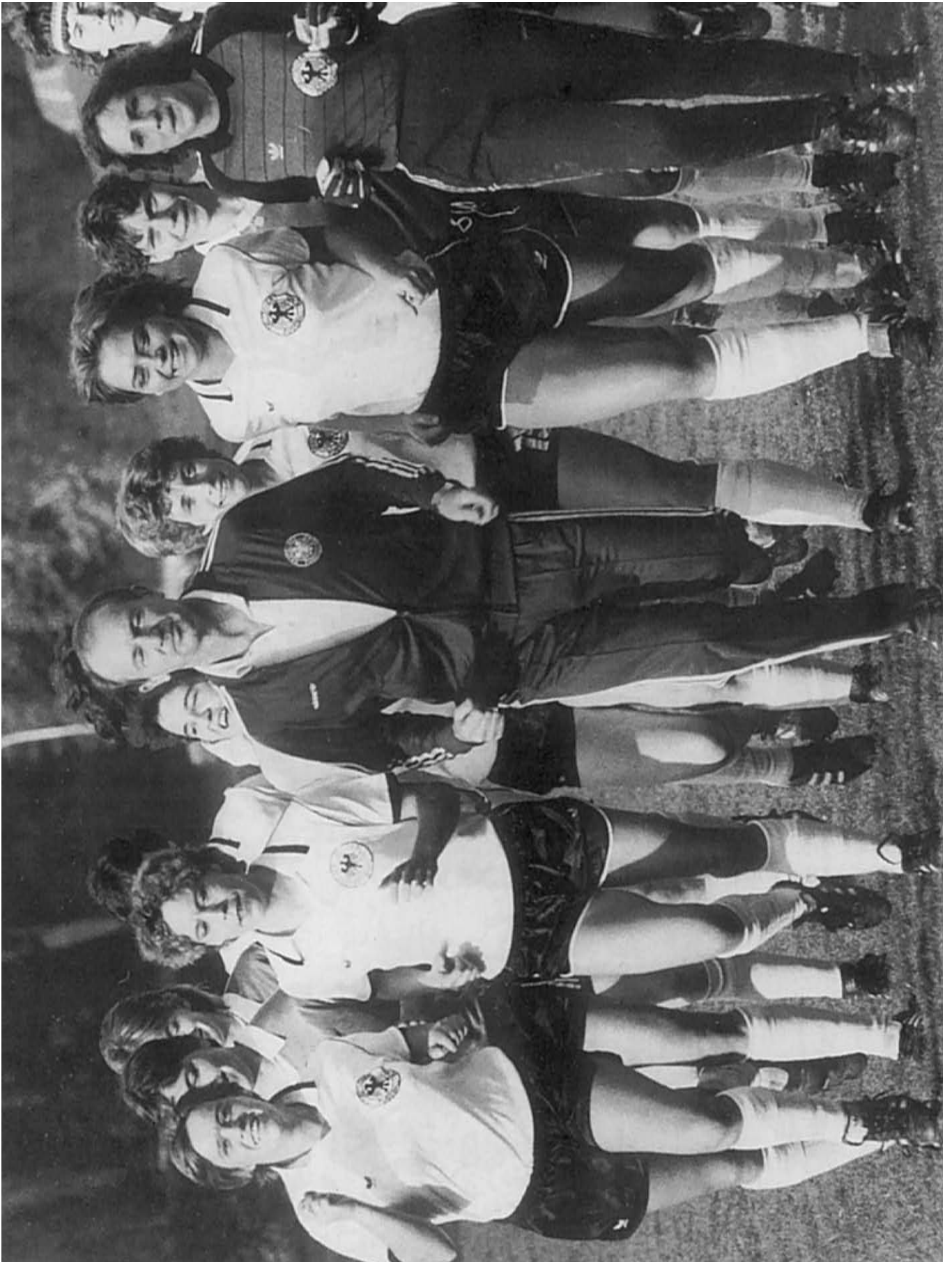
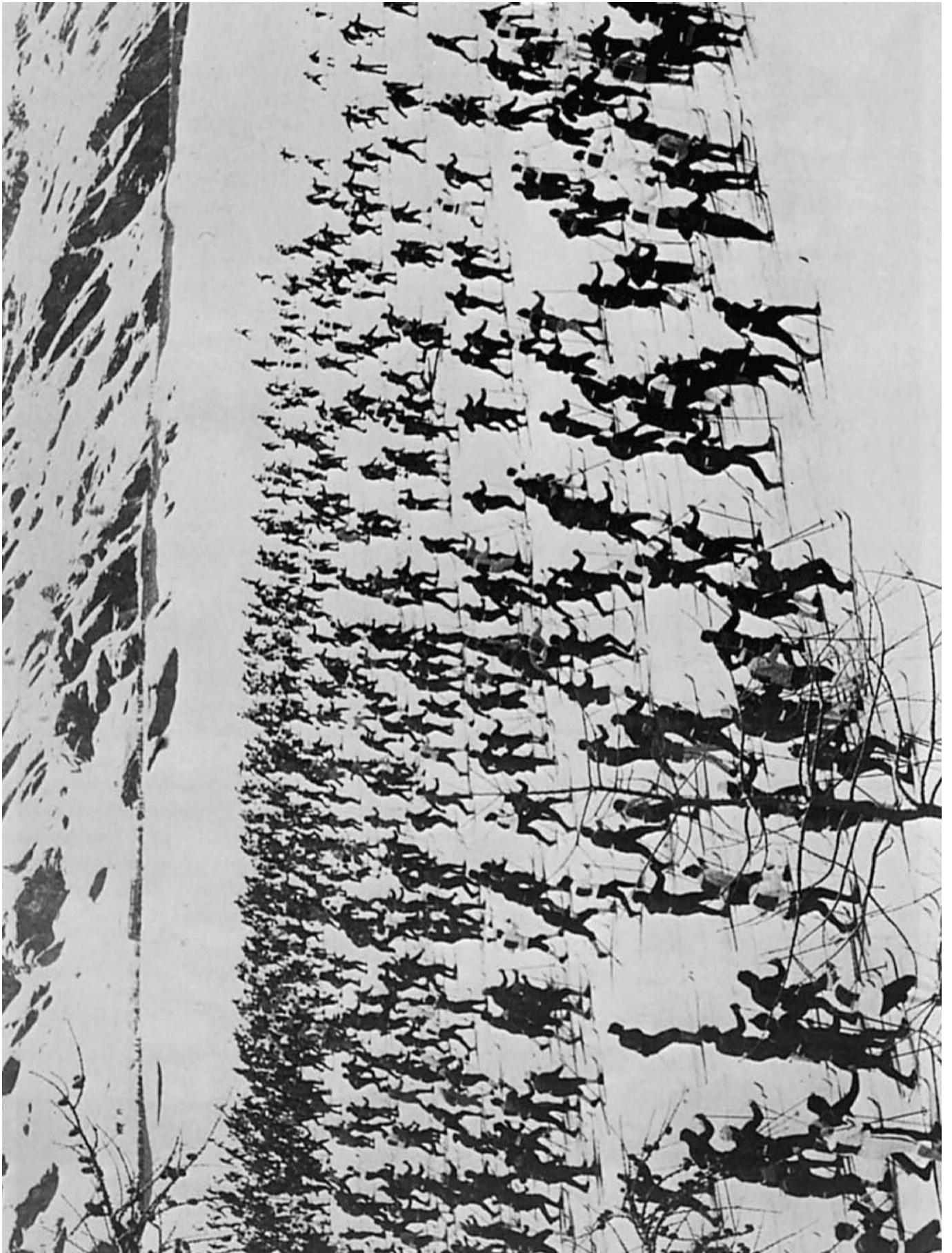


Figura 79. Efecto de un entrenamiento de resistencia de 6 semanas en el ámbito de intensidad del umbral anaeróbico sobre el tamaño del corazón (ml), el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx.) y el umbral anaeróbico (de Mader y cols., 1976, 109).

Célula muscular como efector	Corazón como bomba de alimentación	Sangre como medio de transporte	Vasos sanguíneos como vías de transporte y lugar de intercambio
<p>Aumento de las reservas energéticas (ascenso del glucógeno muscular de 200 a 400 g, del glucógeno del hígado de 60 a 120 g y de los triglicéridos musculares de 800 a 1.200 g)</p> <p>Aumento de la capacidad metabólica (crecimiento de las mitocondrias un 50 %, ascenso de la actividad enzimática, ascenso y economización de las hormonas reguladoras)</p> <p>Mejora de la calidad del metabolismo (aumento de la participación de los lípidos en la transformación de energía, mayor aprovechamiento de las vías metabólicas de resíntesis de la glucosa)</p>	<p>Aumento del espacio interno del corazón (ensanchamiento del corazón) de 650 a 900-1.000 ml</p> <p>Mayor grosor del músculo cardíaco, con aumento de peso del corazón de 250 a 350-500 g</p> <p>Economización del trabajo del corazón (reducción de la frecuencia cardíaca, aumento del volumen sistólico)</p> <p>Aumento de la capacidad de alimentación (el volumen minuto cardíaco pasa de 20 a 30-40 l/min)</p>	<p>Aumento de la cantidad de sangre, de 5 a 6 l</p> <p>Aumento del número absoluto de glóbulos rojos (responsables del transporte de oxígeno)</p> <p>Optimización de la capacidad de transporte de oxígeno y de otras funciones (p. ej., mejora de la regulación térmica o de la capacidad tampón, requisito para reducir la fatigabilidad a nivel general y local)</p>	<p>Aumento del número de capilares</p> <p>Creimiento de su superficie de intercambio</p> <p>Optimización del intercambio de sustancias</p> <p>Optimización de la distribución de la sangre (estrechamiento vascular en la musculatura que no trabaja)</p> <p>Mejor riego sanguíneo en los músculos que trabajan, mejor abastecimiento de oxígeno y nutrientes y mejor eliminación de sustancias residuales</p>

Tabla 17. Resumen esquemático de los síntomas de adaptación funcionales y estructurales provocados por un entrenamiento de la resistencia sobre los sistemas muscular y cardiovascular, y sus ventajas para la capacidad de rendimiento en resistencia





Entrenamiento y capacidad inmunitaria

Después de describir los efectos específicos de un entrenamiento de resistencia sobre el músculo y sobre el sistema cardiovascular, concluiremos tratando de un importante factor “inespecífico”, la situación o capacidad inmunitaria del organismo bajo la influencia de un entrenamiento de resistencia.

La situación del sistema inmunitario del individuo es la base de la salud corporal. La importancia de la salud se suele apreciar en su justa medida en caso de enfermedad; sólo entonces nos damos cuenta del enorme valor que posee. La máxima de Schopenhauer se puede aplicar a cualquier deportista: “La salud no lo es todo, pero sin ella todo es nada”. Sin el requisito básico de la salud, el entrenamiento y la mejora del rendimiento son meras ilusiones.

La especial importancia de un entrenamiento de la resistencia aeróbico –correctamente dosificado– para la situación del sistema inmunitario, radica en la mejora de las defensas propias del cuerpo.

Una resistencia de base mejorada con procedimientos moderados proporciona una elevada capacidad de defensa ante las infecciones y una elevada tolerancia ante estímulos de calor y de frío. Por ello un deportista “endurecido” pasa menos tiempo enfermo (resfriado o similares) y practica su entrenamiento con menos interrupciones, mejorando o manteniendo su capacidad de rendimiento.

En general damos por válido el siguiente principio: después de las cargas deportivas se observa, de forma transitoria, la llamada inmunosupresión (debilitamiento de la capacidad inmunitaria por el descenso de las inmunoglobulinas, p. ej., de la gammaglobulina, entre 2 y 4 días) (cf. Badtke, 1989, 199; Kindermann/Urhausen/Ricken, 1989, 32). No obstante, a pesar del retroceso de diferentes grupos de células no se produce enfermedad, pues aumenta su eficacia en la defensa frente a infecciones; la causa tiene que ver con la consolidación, más acentuada que en el sujeto no entrenado, de otros mecanismos inmunitarios inespecíficos como la fagocitosis (eliminación de bacterias y cuerpos extraños a cargo de las células basureras), termorregulación y barrera de mucosas (cf. Brahmí y cols., 1985, 31; Pedersen y cols., 1988, 673 y 1989, 129; Badtke y cols., 1989, 199; Liesen y cols., 1989, 12; Werle y cols., 1989, 19).

Como muestran diferentes estudios, las cargas de entrenamiento excesivas, por ejemplo, en torneos agotadores (campeonatos mundiales y similares) provocan un deterioro del sistema inmunitario de los jugadores, asociado

a una mayor propensión a las infecciones (cf. Berg/Jakob/Keul, 1989, 1852; Berg/Keul, 1985, 3074; Liesen y cols., 1989, 42; Peter, 1986, 348; Ricken/Kindermann, 1986, 38; Wulf y cols., 1985, 5). La propensión a las infecciones se da con mayor frecuencia en la fase de preparación inmediatamente anterior a la competición (cf. Fitzgerald, 1988, 337; Jokl, 1973, 202; Liesen/Dufaux/Hollmann, 1977, 243; MacKinnon/Tomasi, 1986, 1; Thompson/McMahon/Nugent, 1980, 506).

En situación de saturación de carga, los niveles de adrenalina (hormona del estrés psíquico) y noradrenalina (hormona del estrés físico) se multiplican por diez y por más, y los valores normales no se recuperan incluso horas después de la carga (cf. Werle y cols., 1989, 18). Es conocida la participación activa del cortisol y las catecolaminas (adrenalina, noradrenalina) en el metabolismo, y la redistribución de los glóbulos blancos (leucocitos) que estas sustancias provocan, ejerciendo así un efecto inmunosupresor (de descenso de las defensas); por este motivo se debería prestar más atención a la exposición prolongada al estrés, para evitar trastornos de salud y con ellos pérdidas innecesarias en el proceso de entrenamiento (cf. Bieger y cols., 1980, 30; Fitzgerald, 1988, 213; Keast/Cameron/Morton, 1988, 248).

Atención. No entrenar duramente al comienzo de procesos infecciosos. El nuevo debilitamiento del sistema inmunitario que provocaría el entrenamiento podría agravar significativamente el transcurso de la enfermedad: una supresión temporal de la inmunidad de origen celular podría impedir el reconocimiento y la eliminación tempranos de los microorganismos, en particular los virus, por parte del sistema inmunitario, provocando de esta forma el progreso del estado infeccioso en los atletas (cf. Order y cols., 1989, 28).

Dado que los valores se vuelven a normalizar durante las fases de regeneración, hemos de destacar la importancia de unas medidas de recuperación suficientes y efectuadas en el momento oportuno. Unas medidas de regeneración regulares y oportunas pueden impedir la supresión del sistema inmunitario debida al entrenamiento (cf. Kindermann/Urhausen/Ricken, 1989, 41; Müns y cols., 1989, 65). Las medidas regeneradoras (baños terapéuticos, medidas de relajación de todo tipo, entrenamiento de carrera suave, etc.) producen una recuperación más rápida de la capacidad de rendimiento deportivo y un restablecimiento más rápido de las defensas inmunitarias, reducidas en los 2 o 3 días posteriores a las cargas intensas (cf. Müns y cols.,

1989, 65; Green/Green, 1987, 623), impidiendo así las faltas a los entrenamientos debidas a procesos infecciosos.

En este contexto interesa señalar también el influjo de las hormonas sexuales, sobre todo de la testosterona, sobre el sistema inmunitario. Varios estudios (cf. Adlercreutz y cols., 1986, 27; Urhausen y cols., 1987, 528 y Kinde-ramn/Urhausen/Ricken, 1989, 32) han demostrado que, después de cargas intensas y en paralelo al descenso de subpoblaciones características de leucocitos, se produce un descenso del nivel de testosterona (hormona sexual masculina). Los valores de esta hormona no alcanzaron su nivel de partida ni siquiera después de 2 días de regeneración. Así pues, la situación del nivel de testosterona informa, en igual medida que la situación inmunitaria, sobre la carga actual o sobre la amenaza de una sobrecarga.

En cualquier caso, si la tarea de entrenamiento supera la capacidad de carga del deportista, se constata un efecto perjudicial sobre la salud. El trabajo excesivo, la frustración o el estrés psíquico prolongado producen una caída de las hormonas del rendimiento, y por tanto de la capacidad de rendimiento. Además, el desgaste por trabajo excesivo origina una pérdida de anticuerpos (deterioro de la inmunidad) y una mayor propensión a las enfermedades infecciosas. La causa radica, por una parte, en la mayor secreción de hormonas provocada por el exceso de estrés psicofísico (p. ej., cortisol, adrenalina, prolactina y otras, hormonas que inhiben el sistema inmunitario en su rendimiento de síntesis). Por otra parte, la síntesis de proteínas en el ámbito muscular, estimulada en exceso por un entrenamiento duro, puede entrar en competencia con la síntesis de proteínas inmunitaria, provocando una mayor propensión a las enfermedades infecciosas o agravando los procesos infecciosos ya existentes (cf. Stickl, 1991, 31).

De los estudios de Stickl (1991, 29) se deduce que el triunfo o la derrota influyen también sobre la situación sanitaria o el bienestar general del deportista; el triunfo y la derrota –dependiendo de su valoración subjetiva– influyen de forma más o menos acentuada sobre la disposición al rendimiento. El éxito provoca una mayor segregación de sustancias que mejoran el estado de ánimo y de hormonas que favorecen el rendimiento.

Por el contrario, la derrota (“estrés de frustración”) provoca una pérdida de estas sustancias y la liberación de otras hormonas del estrés, que reducen el rendimiento y pueden llevar a una depresión del sistema inmunitario, asociada a una caída del estado de ánimo. El deportista y el entrenador tienen que tener en cuenta esta posibilidad. Aquí se puede ver, una vez más, que la intensificación del entrenamiento después de los fracasos no suele ser el procedimiento correcto para salir de una caída del rendimiento, a menudo originada por una sobrecarga. Asimismo, el llamado “ejercicio de castigo”, practicado a menudo en las

modalidades de juego, aumenta el “estrés de frustración” y reduce tanto la capacidad de rendimiento como la disposición a trabajar, consiguiendo justo lo contrario de lo que se pretendía. El entrenador tiene que integrar este conjunto de circunstancias en su planificación del entrenamiento y en su trato con los jugadores.

Así pues, el instrumental básico para la reconstrucción de la capacidad psicofísica de rendimiento consistirá en el “ánimo” psíquico expresado por el entrenador y en el tratamiento fisioterapéutico correcto. Como sostiene Hollmann (cit. en Stickl, 1991, 29), la ducha caliente después del partido, por ejemplo, produce una liberación de endorfinas que mejora el estado de ánimo. Acompañando a este proceso se crea una sensación de bienestar, se mejora la capacidad de recuperación y se refuerza la defensa inmunitaria a nivel celular.

Métodos y contenidos del entrenamiento de la resistencia

Las diferentes manifestaciones de la resistencia –de corta, media y larga duración– plantean, desde el punto de vista de la fisiología del rendimiento, exigencias diferentes a la capacidad aeróbica o anaeróbica que las limita. Para conseguir un aumento de rendimiento eficaz en estas capacidades de la resistencia, se deben utilizar aquellos métodos y contenidos de entrenamiento que se aproximen a las exigencias metabólicas de la disciplina de competición y que puedan mejorarlas de forma selectiva. Por tanto, una configuración óptima del entrenamiento exige:

1. El conocimiento de las exigencias metabólicas planteadas por cada una de las capacidades de resistencia.
2. El conocimiento de los efectos fisiológicos de los respectivos métodos y contenidos de entrenamiento.

Para asociar los diferentes métodos y contenidos de entrenamiento con las distintas capacidades de la resistencia, clasificaremos a continuación los métodos de entrenamiento analizando sus ámbitos de aplicación.

Desde el punto de vista fisiológico, los métodos de entrenamiento de la resistencia se pueden dividir en cuatro grupos principales: el *método continuo*, el *método interválico*, el *método de repeticiones* y el *método de competición*. Todas las demás formas, variantes y combinaciones se pueden ubicar en este marco.

El esquema clasificatorio (fig. 80), cuyos contenidos se pueden completar a voluntad, muestra que ciertos métodos y contenidos de entrenamiento ocupan posiciones in-

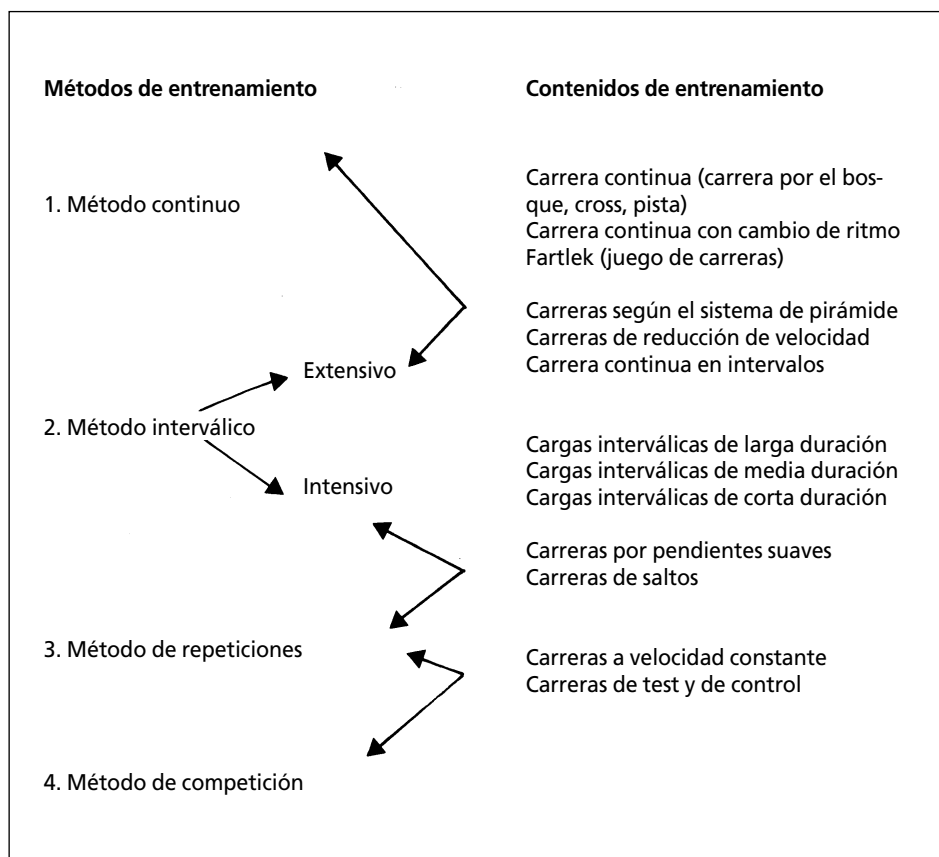


Figura 80. Clasificación de los métodos de entrenamiento de la resistencia, con el ejemplo de la carrera en atletismo.

termedias dentro de los cuatro métodos principales, y pueden incluirse en apartados diferentes dependiendo de sus modalidades de realización.

Efecto del método continuo

La figura 81 nos ofrece un resumen de las modalidades de realización y de los efectos del método continuo.

En el método continuo, el interés se centra en la *mejora de la capacidad aeróbica*.

Los factores que limitan el rendimiento de la capacidad aeróbica son:

- reservas suficientes de glucógeno: su nivel es decisivo para conseguir la máxima intensidad de carrera posible durante un tiempo de carga prolongado;
- nivel suficiente de actividad enzimática del metabolismo aeróbico, sobre todo de degradación de hidratos de carbono y ácidos grasos;
- condiciones suficientes en el ámbito del sistema cardiovascular: aquí interesan sobre todo la hipertrofia cardíaca y la capilarización de la musculatura de trabajo;

- cantidad suficiente de sangre, como medio de transporte de oxígeno y para mejorar la capacidad tampón.

Método continuo extensivo

El método continuo permite conseguir efectos diferentes dependiendo del volumen y de la intensidad de las cargas de resistencia. Los deportistas que entrenan con volúmenes altos e intensidades relativamente bajas, esto es, de forma extensiva, consiguen adaptaciones muy marcadas en el ámbito del metabolismo de los lípidos, aunque menos en el de los hidratos de carbono (v. párrafos siguientes). Debido al predominio de la combustión de ácidos grasos y a la consiguiente protección de las reservas de glucógeno en las fibras ST, la supercompensación de las reservas de hidratos de carbono es sólo moderada, si bien el aumento de actividad enzimática de la betaoxidación (degradación aeróbica de ácidos grasos) es considerable. Un entrenamiento de este tipo resulta adecuado, pues, para recorridos de competición largos y muy largos (resistencia de larga duración III, p. ej., maratón o carreras de 100 km o de 24 horas), pues una parte esencial de la energía tiene que extraerse del metabolismo de los lípidos (Lorenz y cols., 1973, 165).

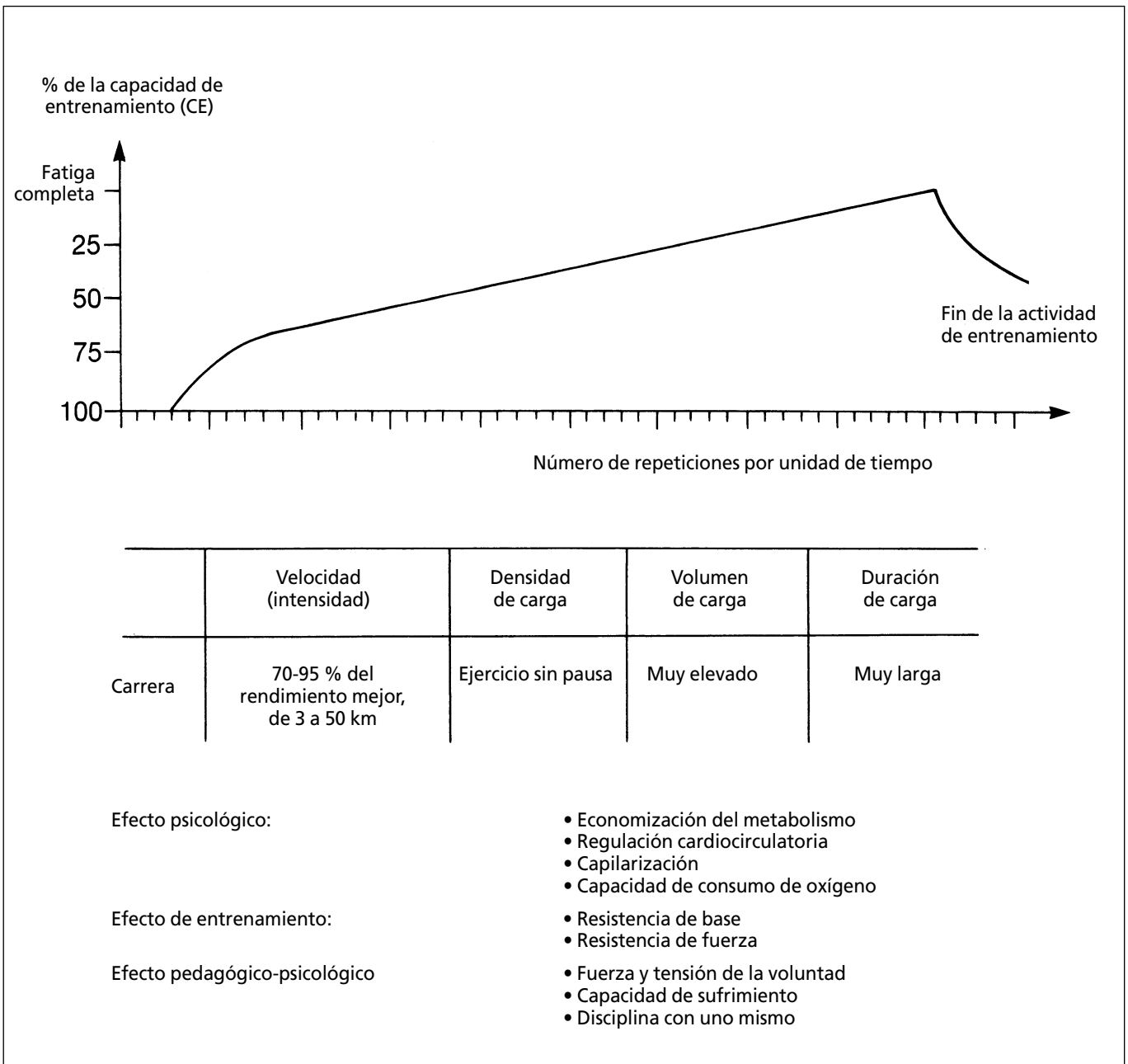


Figura 81. Modalidades de realización y efectos del método continuo (del Colectivo de autores, 1982, 87).

La importancia de mejorar la capacidad de combustión de los lípidos como expresión de un incremento de la resistencia de base queda clara en la siguiente formulación de Liesen y cols., (1983, 13):

- Cuanto más desarrollada se encuentra la combustión de lípidos, mejor se efectúa el proceso de regeneración de los fosfatos ricos en energía, necesarios para las acciones explosivas y a corto plazo.
- Cuanto mejor es la capacidad de regeneración, más rápida es la eliminación de sustancias derivadas de la fatiga,

como el lactato y el amoníaco, en el músculo y en el sistema nervioso central.

- Cuanto mejor es la capacidad aeróbica de rendimiento en resistencia, tanto más actúa la combustión de lípidos de forma regenerativa con intensidades elevadas.
- Cuanto mejor es la resistencia aeróbica, tanto más se protegen los hidratos de carbono, responsables de las prestaciones de carrera intensa.

Un entrenamiento de resistencia puramente aeróbico, orientado hacia el metabolismo de los lípidos, no se puede

efectuar de forma exclusiva con las actuales capacidades de rendimiento, a pesar de la reciente ola de récords de las corredoras chinas, que entrenan diariamente hasta 40 km y más (cf. Lange, 1993, 13 y 22/23; von der Lange, 1993, 3-5; 24/25 y 4/5).

Semejante gasto de entrenamiento resulta inimaginable sobre todo en los países occidentales. Aquí la futura mejora del rendimiento se plantea sobre todo a través de avances cualitativos en la organización del entrenamiento, y en concreto a través de un aumento de la intensidad, entre otras posibilidades.

El inconveniente de un entrenamiento menos intenso y centrado en el volumen consiste sobre todo en que los deportistas así entrenados son normalmente incapaces de producir durante mucho tiempo intensidades de trabajo elevadas –ya se trate de cambios de ritmo (esprints intermedios o similares) o del esprint final–, que exigen un alto grado de degradación de glucógeno. Por ello, en carreras por encima de los 5.000 o 10.000 m un entrenamiento centrado de tal modo en el volumen resultaría demasiado unilateral para la competición a nivel internacional (cf. Senger/Donath, 1977, 396).

Para estas distancias (resistencia de larga duración I) la herramienta más eficaz ha demostrado ser, por lo general, un entrenamiento en el ámbito del umbral anaeróbico (conocido también como método continuo *intensivo*, situado en un nivel de lactato de 4 mmol/l y caracterizado por una creciente producción energética anaeróbica, esto es, por un aumento constante del lactato). Según Kindermann/Simon/Keul (1978, 35), el “umbral anaeróbico” en deportistas de resistencia se sitúa en torno al 80 % de la capacidad de rendimiento máxima y en torno a una frecuencia cardíaca media de 174 latidos/min. En personas normales el inicio del ascenso del lactato se sitúa en torno al 40-60 % de la capacidad de consumo máximo de oxígeno, esto es, el momento del ascenso del lactato depende del grado de entrenamiento (cf. Hoffmann y cols., 1975, 314).

El *umbral anaeróbico* nos informa de los efectos del entrenamiento sobre el porcentaje *aprovechable* del consumo máximo de oxígeno para las cargas de resistencia. Este dato interesa para la práctica en la medida en que el entrenamiento puede mejorar la capacidad de consumo máximo de oxígeno sólo hasta un 15-20 %, y sin embargo puede mejorar hasta un 45 % la capacidad para aprovechar un porcentaje elevado de este consumo máximo de oxígeno (Gaisl, 1979, 235). La importancia de aprovechar el mayor porcentaje posible del consumo máximo de oxígeno se ha puesto de relieve con los ejemplos de Shorter (vencedor en la maratón olímpica de 1972 y ganador de la medalla de bronce en 1976) y Clayton (mejor tiempo mundial en la maratón); aunque ambos poseían una capacidad relativamente escasa de consumo máximo de oxígeno (73,3 y 69,7

ml/kg/min, respectivamente), eran capaces de aprovechar durante la carrera el 85 % de su capacidad de consumo máximo de oxígeno, mientras que los demás corredores de maratón se quedaban en cifras entre el 70 % y el 80 % (cf. Costill/Fink/Pollock, 1976, 92; Costill/Branam/Eddy, 1971, 249). Así pues, la capacidad de rendimiento en resistencia no depende sólo de la capacidad de consumo máximo de oxígeno, determinada sobre todo de forma endógena, sino también, y en gran medida, de la capacidad para aprovechar ésta en el grado máximo posible. Para la configuración del entrenamiento, el umbral anaeróbico y su valor correspondiente de frecuencia cardíaca proporcionan, pues, indicios importantes sobre la intensidad de carga óptima y sobre el grado de desarrollo del estado de entrenamiento.

Método continuo intensivo

Para activar el metabolismo de la glucosa mediante el método continuo y conseguir un mayor grado de agotamiento de las reservas de glucógeno, con la correspondiente y acentuada supercompensación, se aplica el *método continuo intensivo*, si bien con grandes precauciones y no muy a menudo.

Con el *método continuo intensivo* se trabaja en el ámbito del “umbral anaeróbico” (v. pág. 199), situado en un nivel de lactato de 4 mmol/l.

Como muestra la figura 82, con carreras intensas la superación del “umbral anaeróbico” depende del estado de entrenamiento (cf. Hoffmann y cols., 1975, 3/4).

Cuanto mejor está entrenado un deportista, tanto más tarde se supera el umbral anaeróbico.

En personas no entrenadas el inicio del ascenso del lactato se sitúa en torno al 40-60 % de la capacidad de consumo máximo de oxígeno.

El *umbral anaeróbico* nos informa de los efectos del entrenamiento sobre el porcentaje *aprovechable* del consumo máximo de oxígeno para las cargas de resistencia. Este dato interesa para la práctica en la medida en que el entrenamiento puede mejorar la capacidad de consumo máximo de oxígeno sólo hasta un 15-20 %, y sin embargo puede mejorar hasta un 45 % la capacidad para aprovechar un porcentaje elevado de este consumo máximo de oxígeno (Gaisl, 1979, 235).

Las figuras 83 y 84 nos ofrecen un resumen de las relaciones entre la capacidad de rendimiento en resistencia (expresada por la capacidad de consumo máximo de oxígeno) y su aprovechamiento posible con cargas prolongadas en sujetos entrenados y no entrenados. Puede ocurrir perfectamente que deportistas con un escaso consumo máximo de oxígeno, absoluto o relativo, desarrollen en la

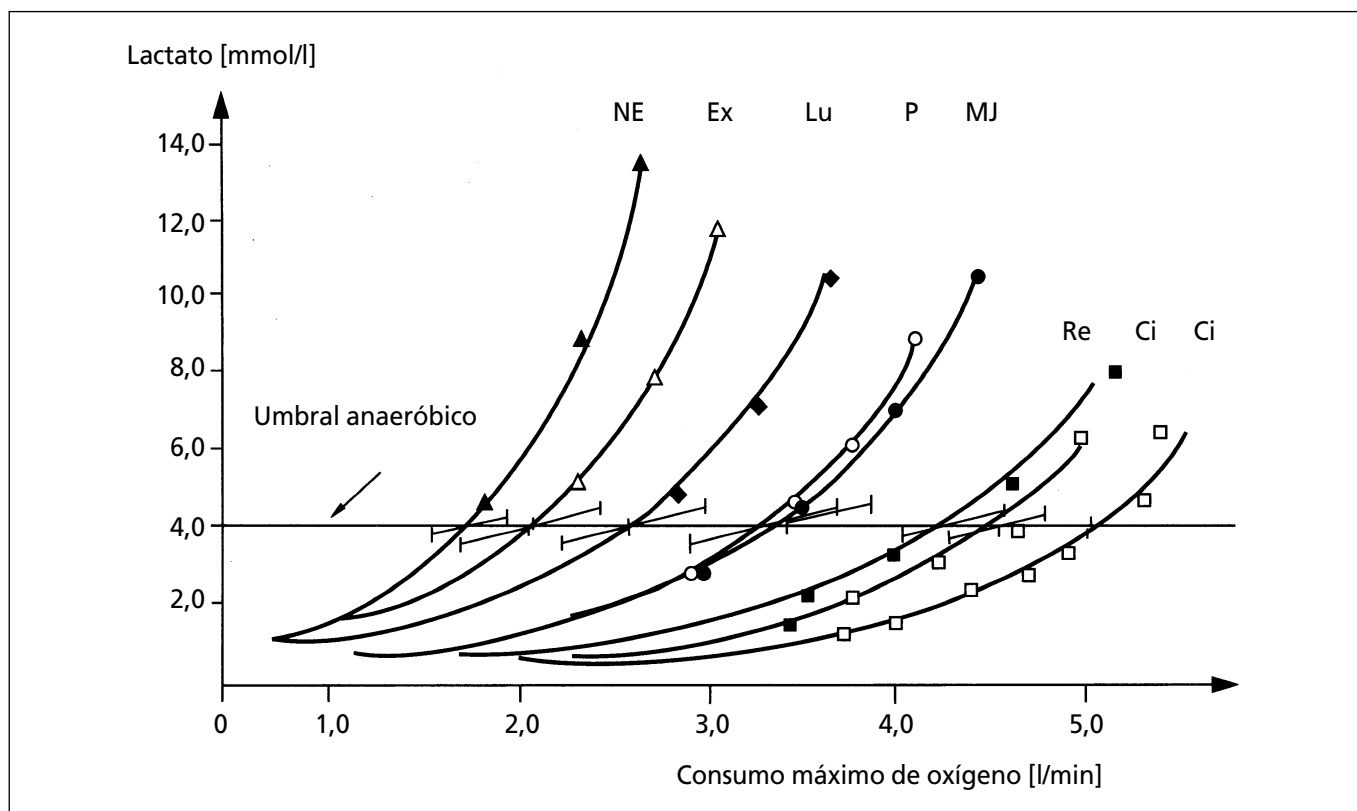


Figura 82. Comportamiento de la concentración de lactato dependiendo de la capacidad de consumo máximo de oxígeno en sujetos no entrenados (NE) y en grupos de rendimiento seleccionados, representativos de diferentes modalidades deportivas: Ex = excursionistas; Lu = luchadores; P = patinadores; MJ = modalidades de juego; Re = remeros; Ci = ciclistas (Weineck, 1989, tomado de Roth y cols., 1981, 329).

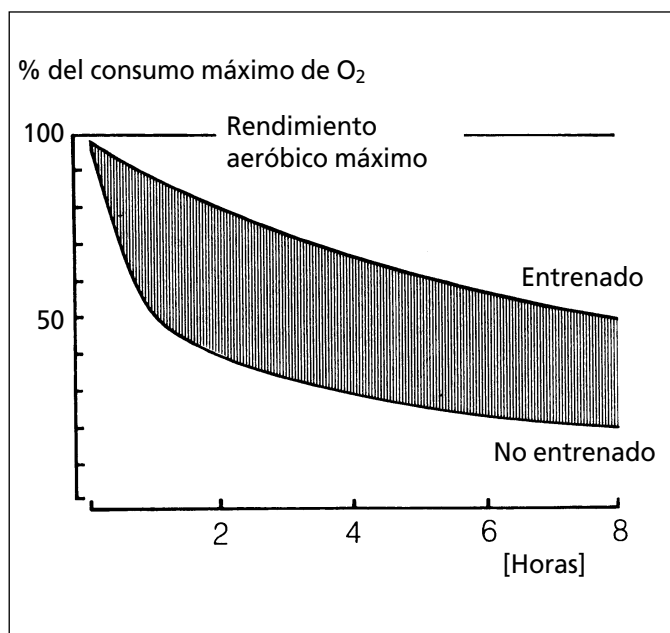


Figura 83. Consumo de oxígeno –en porcentaje respecto del consumo máximo de oxígeno– dependiendo de la capacidad de rendimiento en resistencia y de la duración de la carga (Weineck, 1988, tomado de Astrand, citado en De Marées, 1979, 531).

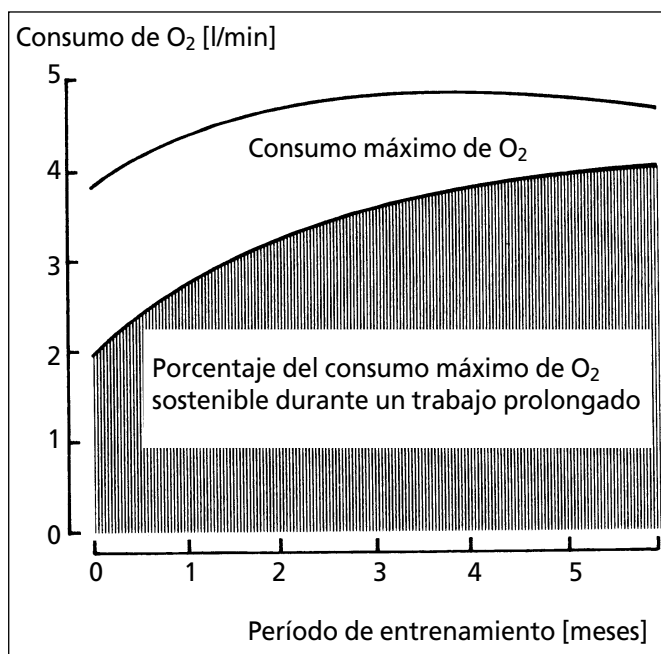


Figura 84. Relación entre el consumo máximo de oxígeno y su capacidad de aprovechamiento posible en el transcurso del proceso de entrenamiento (Weineck, tomado de Åstrand/Rodahl, citado por Holman/Hettinger, 1980, 425).

competición una velocidad mayor que otros sujetos con valores mayores, si los primeros poseen una capacidad de rendimiento en resistencia especialmente desarrollada, adecuada, que les permita aprovechar mejor las capacidades de rendimiento de que disponen. Así pues, la capacidad de rendimiento en resistencia no depende sólo de la capacidad de consumo máximo de oxígeno, determinada sobre todo de forma endógena, sino también, y en gran medida, de la capacidad para aprovechar ésta en el grado máximo posible. Para la configuración del entrenamiento, el umbral anaeróbico y su valor correspondiente de frecuencia cardíaca proporcionan, pues, indicios importantes sobre la intensidad de carga óptima y sobre el grado de desarrollo del estado de entrenamiento.

A la hora de efectuar un entrenamiento de resistencia según el método continuo “intensivo” se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las carreras de resistencia en el ámbito del umbral anaeróbico sólo se pueden practicar durante un tiempo limitado –máximo entre 45 y 60 minutos para los especialistas en resistencia y entre 15 y 30 minutos para las modalidades de juego–, pues producen un agotamiento rápido de las reservas de glucógeno (v. pág. 138).

Un entrenamiento de semejante intensidad no debería practicarse con una frecuencia mayor de dos o tres veces a la semana, pues de lo contrario el tiempo para la recuperación de las reservas de glucógeno agotadas es demasiado corto.

Si el entrenamiento de carrera continua dura más tiempo (entre 1 y 2 horas), el trabajo debería realizarse en el ámbito del “umbral aeróbico”, situado en un valor de lactato de 2 mmol/l, que se corresponde con una frecuencia cardíaca media de 150 latidos por minuto. Esta forma de entrenamiento de la resistencia –que se debería denominar, como antes mencionamos, entrenamiento *extensivo* de carrera continua– puede practicarse en el sentido de una *mejora de los parámetros cardiovasculares* (con frecuencias cardíacas en torno a los 140 lat./min se consigue ya un volumen sistólico elevado, necesario para la hipertrofia del corazón), como “entrenamiento del metabolismo de los lípidos” y como medida de regeneración.

- Las carreras de resistencia intensivas suponen una carga psíquica extrema, y en las modalidades de juego no provocan especial alegría, sino más bien abierto rechazo, entre los “tipos de esprinter”.

A modo de resumen, se puede decir que las diferencias de intensidad de la carga y de duración del entrenamiento provocan efectos distintos: si se rebaja la intensidad

de la carga, la degradación de hidratos de carbono va dejando paso cada vez más a la degradación de lípidos, y a la inversa, toda elevación de la intensidad refuerza la degradación de hidratos de carbono. Hasta alcanzar el umbral aeróbico se mantienen tasas de flujo energético reducidas, que se cubren casi exclusivamente con la degradación de lípidos (cf. Keul/Kindermann/Simon, 1978, 26); en el ámbito del umbral anaeróbico se requieren tasas de flujo energético elevadas, que se cubren casi únicamente con el metabolismo de hidratos de carbono. Para mejorar los parámetros cardiovasculares resulta adecuado el entrenamiento de carrera continua, tanto *extensivo* como *intensivo*. No obstante, en este aspecto la práctica del método extensivo es más económica, pues supone un desgaste psicofísico menor.

Consecuencias para la práctica del entrenamiento

Dependiendo del régimen de entrenamiento, esto es, de la composición del entrenamiento en cuanto a volumen e intensidad, se puede influir sobre diferentes parámetros metabólicos. Se debe dar al entrenamiento de la resistencia una orientación específica en función de las exigencias de la modalidad. Dado que las formas de suministro energético son mixtas en casi todas las modalidades, y que, por los motivos antes expuestos, no se puede entrenar todos los días con intensidad, la prioridad corresponderá a una combinación óptima de los métodos de resistencia intensivo y extensivo con otros métodos de entrenamiento, en el sentido de una complementación mutua. Asimismo, la utilización de los diferentes métodos se valorará de forma diferente en relación con ciertas cuestiones de la periodización (pretemporada, etc.) o de la planificación del entrenamiento a largo plazo (entrenamiento de principiantes, etc.).

Efectos del método interválico

Las figuras 85 y 86 y las tablas 18 y 19 nos ofrecen una visión global resumida de las modalidades de realización y los efectos de los diferentes métodos interválicos.

Como se puede ver en estas figuras y tablas, distinguimos un entrenamiento interválico extensivo y otro intensivo. Además diferenciamos el método interválico de corta (ICD), media (IMD), y larga duración (ILD).

El entrenamiento interválico *extensivo* se caracteriza por un volumen elevado y una intensidad relativamente escasa, y el *intensivo*, por un volumen relativamente escaso y una intensidad elevada.

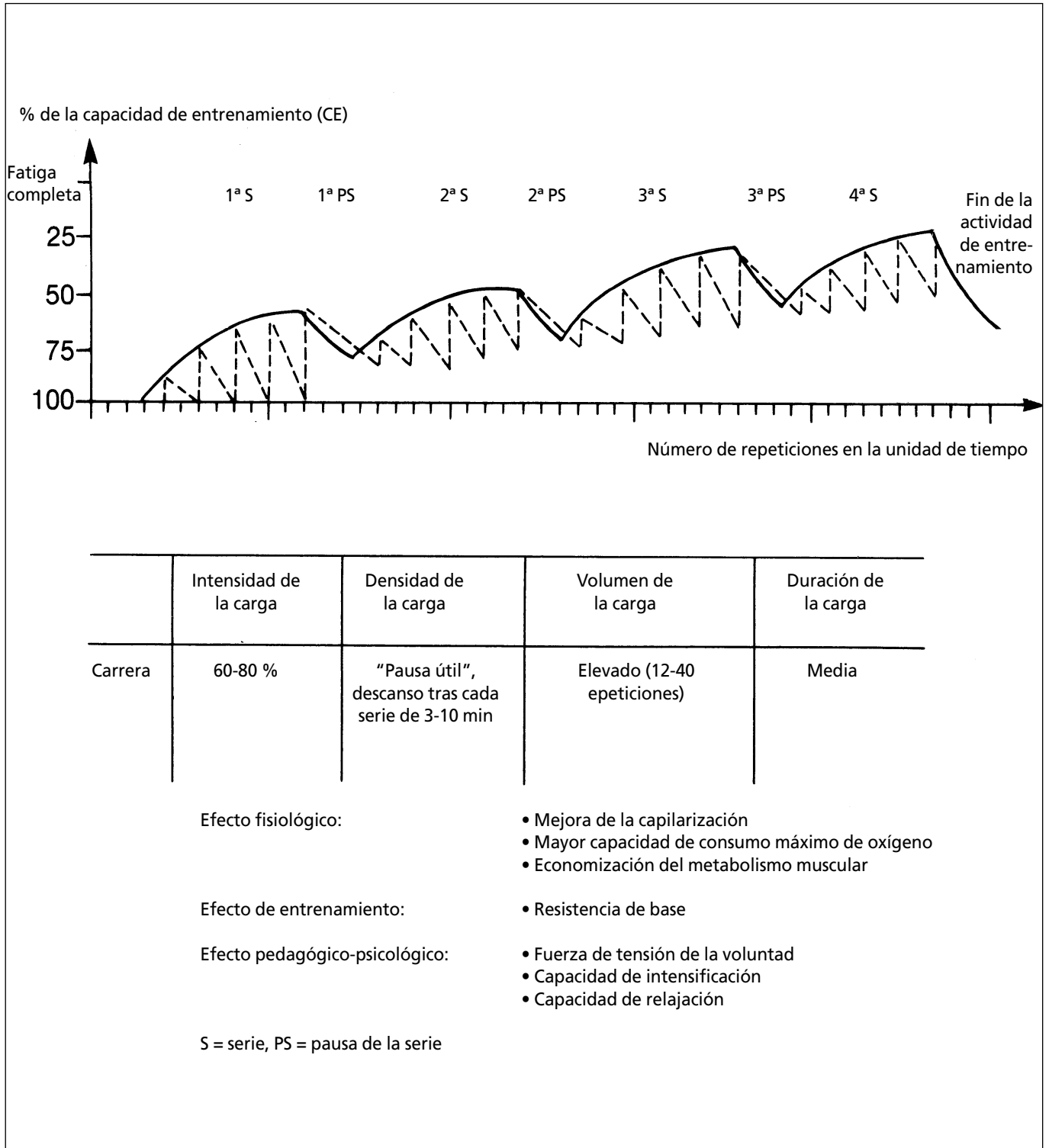


Figura 85. Modalidades de realización y efectos del método interválico extensivo (intensidad media) en el ámbito del entrenamiento de la resistencia (modificado de Colectivo de autores, 1982, 88).

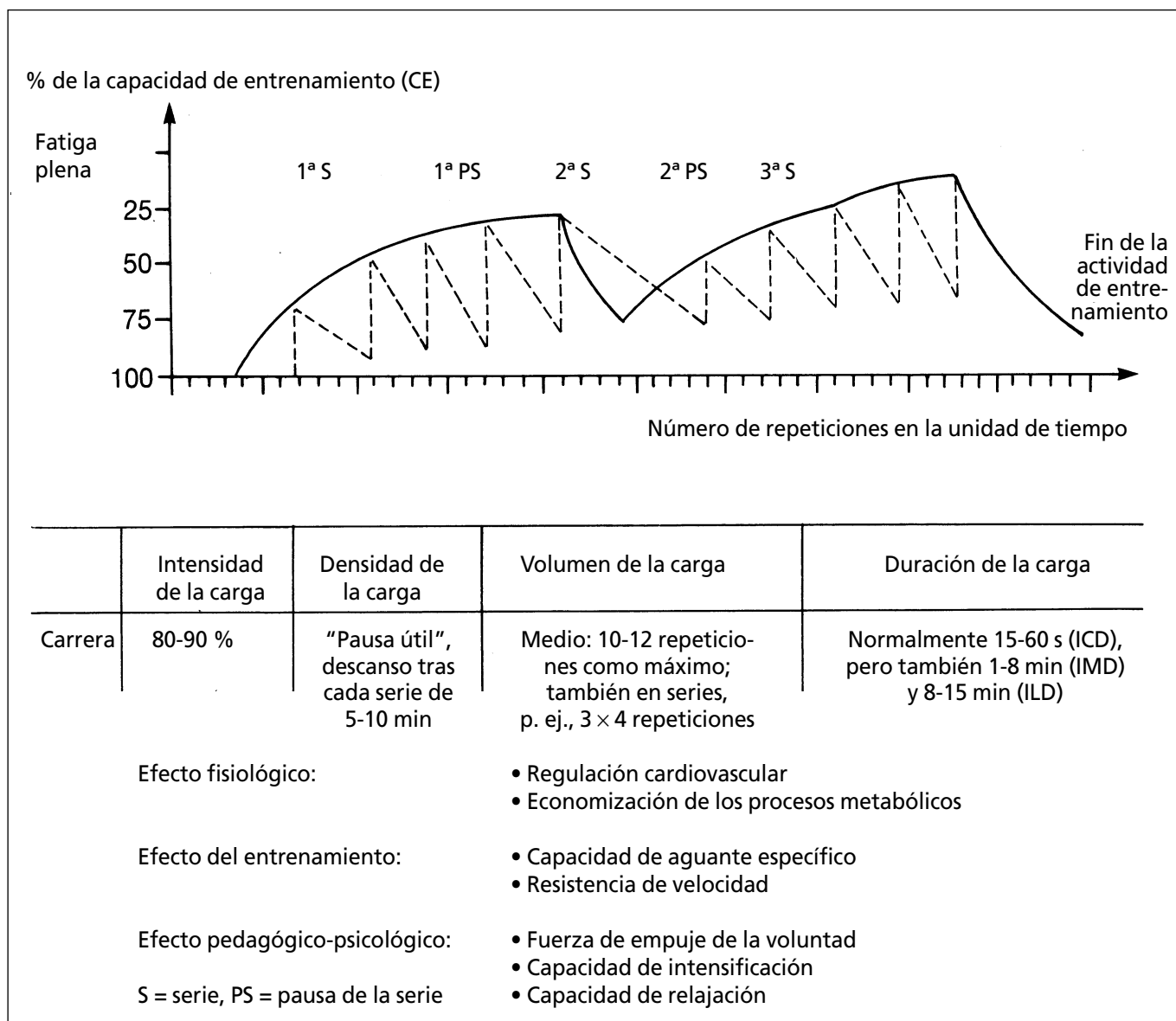


Figura 86. Modalidades de realización y efectos del método interválico intensivo (intensidad submáxima) en el ámbito del entrenamiento de la resistencia (modificado de Colectivo de autores, 1982, 89).

Distancia	Número de carreras	Pausa	Actividad durante la pausa
200 m	20-40	30 – 90 s	Trote
400 m	20-40	60 – 90 s	Trote
800 m	10-20	60 – 120 s	Trote
1.000 m	8-12	120 – 300 s	Trote

Tabla 18. El desarrollo de la resistencia de base según el método de trabajo interválico extensivo (avanzado) (de Schmolinsky, 1980, 175)

Distancia	Número de carreras	Pausa	Actividad durante la pausa
600 m	4-6 en series 2 × 2-3	2-5 min Pausa de la serie 5-10 min	Marcha/trote Trote/marcha
800 m	4-8 en series 2 × 2-4	2-5 min Pausa de la serie 5-10 min	Marcha/trote Trote/marcha
1.000 m	4-10 en series 2 × 2-5	3-5 min Pausa de la serie 5-10 min	Marcha/trote Trote/marcha
1.600 m	4-8 en series 2 × 2-4	3-5 min Pausa de la serie 5-10 min	Marcha/trote Trote/marcha
2.000 m	3-6 en series 2 × 3 ó 3 × 2	4-8 min Pausa de la serie 5-10 min	Trote/marcha Trote/marcha

Tabla 19. El desarrollo de la resistencia a medio plazo según el método de trabajo interválico intensivo (tomado de Schmolinsky, 1980, 177)

Importante. En cuanto a la clasificación de los métodos interválicos en MICD, MIMD y MILD, tenemos que apartarnos de la distribución temporal propuesta por Harre (1969, 151, y 1976, 156) (en ésta el MICD cubre el tiempo de 15-60 s, el MIMD 1-8 min y el MILD 8-15 min). Motivo: el autor no tiene en cuenta que el efecto típico del entrenamiento interválico (alternancia sistemática entre trabajo y descanso) deja de actuar a partir de una duración del estímulo de 5-8 min aproximadamente o no actúa suficientemente; en efecto, la duración de algunas cargas aisladas (p. ej., 10-15 min) reduce en gran medida la alternancia dentro de una sesión de entrenamiento (cf. Steinhöfer, 1993, 46).

El principio de la *pausa útil* es característico del método de entrenamiento interválico.

La figura 87 muestra que después de la interrupción de la carga se produce una caída relativamente rápida de la frecuencia cardíaca; la intensidad de esta caída nos informa sobre el estado de entrenamiento. Como la caída se produce de forma logarítmica, *sólo una parte de la pausa resulta útil*. Si quisiéramos llegar a la recuperación completa, la espera sería desproporcionadamente larga. Por ello el siguiente estímulo de carga se aplica al llegar a una frecuencia cardíaca de 120-140 latidos/min aproximadamente.

La duración de la “pausa útil” oscila, dependiendo de la longitud del recorrido y del estado de entrenamiento,

entre 30 segundos y 5 min, incluyendo recorridos al trote de entre 100 y 1.000 m (cf. Schmolinsky, 1980, 175).

Atención. La pausa es tanto más breve cuanto mejor sea el estado de entrenamiento y cuanto más corta sea la distancia recorrida.

Regla básica: al principio la duración de la pausa al trote debería ser idéntica a la del recorrido de velocidad.

Posteriormente se puede acortar a la mitad la distancia para la pausa al trote o incluso a la décima parte con carreras prolongadas a velocidad constante. No obstante, esta forma de proceder no resulta adecuada para el ámbito juvenil, pues niños y jóvenes necesitan tiempos de recuperación suficientes (cf. Schmolinsky, 1980, 175).

Existen otros motivos para no esperar a la recuperación completa en el entrenamiento interválico:

- La pausa no debería superar el minuto o el minuto y medio en la mayoría de las distancias cortas habituales, pues la consecuencia sería un retorno de las magnitudes cardiocirculatorias y de los procesos metabólicos a la situación de reposo (sobre todo cuando el tiempo de descanso se ocupa caminando [marcha]). Al retomar el trabajo se deberían recorrer de nuevo los diferentes mecanismos de regulación y los estadios del suministro energético, objetivo no buscado con este método de entrenamiento (sí buscado, en cambio, con el método de repeticiones).

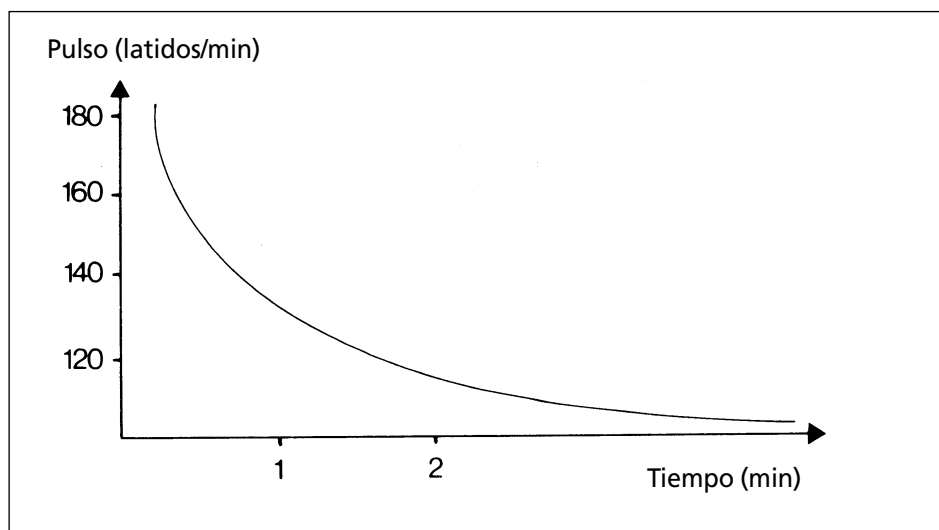


Figura 87. El principio de la “pausa útil”, representado en el comportamiento del pulso al terminar la carga.

- Una vez terminada la carga, la tensión arterial sistólica y la diastólica descienden rápidamente, y la tensión diferencial (diferencia entre tensión sistólica y diastólica) aumenta de forma acentuada, lo que apunta a un volumen sistólico elevado. Con la caída de la tensión arterial media el corazón reorienta su trabajo pasando del trabajo de tensión al trabajo de volumen, hecho que podemos considerar en el origen de la dilatación de las cavidades cardíacas. Además, el volumen sistólico es el máximo dentro la frecuencia cardíaca existente en el ámbito del “descanso útil” (Reindell/Roskamm/Gerschler, 1962, 60). Este volumen sistólico óptimo supone, por tanto, un estímulo formativo eficaz para el aumento de tamaño del corazón en la fase de recuperación.

Así pues, el entrenamiento interválico influye de forma intensa sobre los cambios de tamaño del corazón, y en un doble sentido: en la fase de carga se produce una hipertrofia del músculo cardíaco, pues el trabajo del corazón crea básicamente tensión, y en la fase de recuperación se produce sobre todo una dilatación de las cavidades del corazón, pues el trabajo del corazón se centra en el volumen.

Por este motivo, el método de entrenamiento interválico presenta un alto grado de eficacia con vistas al aumento rápido de las magnitudes de rendimiento cardíaco, que a su vez se refleja favorablemente en el consumo máximo de oxígeno y, por tanto, en la capacidad de rendimiento en resistencia. Rindell/Roskamm/Gerschler (1962, 45) han documentado aumentos del volumen cardíaco en torno a los 220 cm³ en pocas semanas.

La diferencia principal entre los métodos *extensivo* e *intensivo* del entrenamiento interválico se encuentra en el ámbito del metabolismo. Con una duración de la carga de entre 1 y 4 minutos y una intensidad elevada se acentúa el suministro energético a través de la glucólisis, con la consiguiente mejora pronunciada de la capacidad anaeróbica. Por el contrario, con carreras de mayor duración la intensidad desciende necesariamente, y por tanto también el porcentaje de suministro energético glucolítico; con ello se va dando cada vez más prioridad a la mejora de la capacidad aeróbica (cf. Keul/Löhmann/Adolph, 1970, 62).

Además, el entrenamiento interválico de carácter intensivo —esto es, con una intensidad de carga superior al 90 % de la capacidad de consumo máximo de oxígeno y superior al 30 % de la fuerza máxima de contracción isométrica (v. pág. 137)— produce un desgaste más selectivo de las fibras FT y por tanto un vaciamiento de las reservas y una hipertrofia de estas fibras, mientras que el extensivo somete a una mayor carga las fibras ST. No obstante, ambas formas de carga tienen en común un fuerte trabajo del metabolismo de los hidratos de carbono, pues incluso la variante extensiva consigue, en comparación con el entrenamiento de carrera continua, intensidades suficientemente elevadas, que sobrepasan en todo momento el “umbral anaeróbico”.

En cuanto a la mejora de la capacidad de consumo máximo de oxígeno, los estudios de Fox y cols., (1972, 19) muestran que el método interválico intensivo produce las mayores tasas de aumento y, por tanto, de mejora del rendimiento.

Al comenzar una pretemporada, o el proceso de entrenamiento a largo plazo, el trabajo planteado debería ser el interválico extensivo. Por lo demás, se recomienda la utili-

zación de ambas formas, pues así se puede mejorar tanto la capacidad aeróbica como la anaeróbica.

Finalmente, un comentario sobre la configuración de las pausas. La pausa debe organizarse de forma activa (no entrenados: marcha; entrenados: trote) con el fin de que los músculos puedan bombear de vuelta al corazón la cantidad de sangre que requiere un volumen sistólico elevado; si la pausa transcurriese en postura erguida, sin movimiento, la sangre se quedaría estancada en los vasos más periféricos de la extremidad inferior.

A modo de resumen, podemos decir que el método interválico supone la aplicación de estímulos de entrenamiento orientados al aumento de tamaño del corazón y a la mejora del metabolismo de los hidratos de carbono y de las capacidades aeróbica y anaeróbica; el efecto de estos estímulos es más o menos pronunciado dependiendo de la intensidad, del volumen y de la longitud del recorrido elegido. En comparación con el método continuo, el método interválico no produce una capilarización tan marcada, pues el grado de tensión arterial media que requiere la aparición de nuevos capilares no se mantiene aquí durante el tiempo necesario (más de 30 minutos).

entre 15 y 30 minutos). No se puede dar una indicación como norma de las pausas para todas las modalidades, pues los estados de fatiga que aparecen dependen de la disciplina en cuestión (p. ej., carrera, esquí de fondo, carrera de patinaje sobre hielo; cf. Steinhöfer, 1993, 46).

También es problemático indicar porcentajes para describir la intensidad. En el ámbito de la fuerza, por ejemplo, frente a las intensidades elevadas y máximas (90-100 %) que se requieren en las carreras, una intensidad media de sólo un 50-85 % resulta totalmente apropiada para estimular el desarrollo de una hipertrofia muscular (de 5 a 12 repeticiones por serie).

Sólo se debería hablar de método de repeticiones cuando se dé prioridad al principio del descanso completo para evitar una acumulación precoz de fatigas. Esto ocurre sobre todo en las carreras, pero no en el entrenamiento de la fuerza o de la coordinación, ámbitos donde este concepto se usa de modo impropio (cf. Steinhöfer, 1993, 46).

Efectos del método de repeticiones

• Fundamentos generales

La figura 88 nos ofrece un resumen de las modalidades de realización y los efectos del método de repeticiones.

El contenido del método de repeticiones consiste en recorrer de forma repetida una distancia elegida, con la velocidad máxima posible y efectuando una *recuperación completa* después de cada carrera. El método se aplica de igual forma para trabajar la resistencia de velocidad y la resistencia de corta, media y larga duración. Dado el elevado nivel de intensidad, el número de repeticiones posible es reducido.

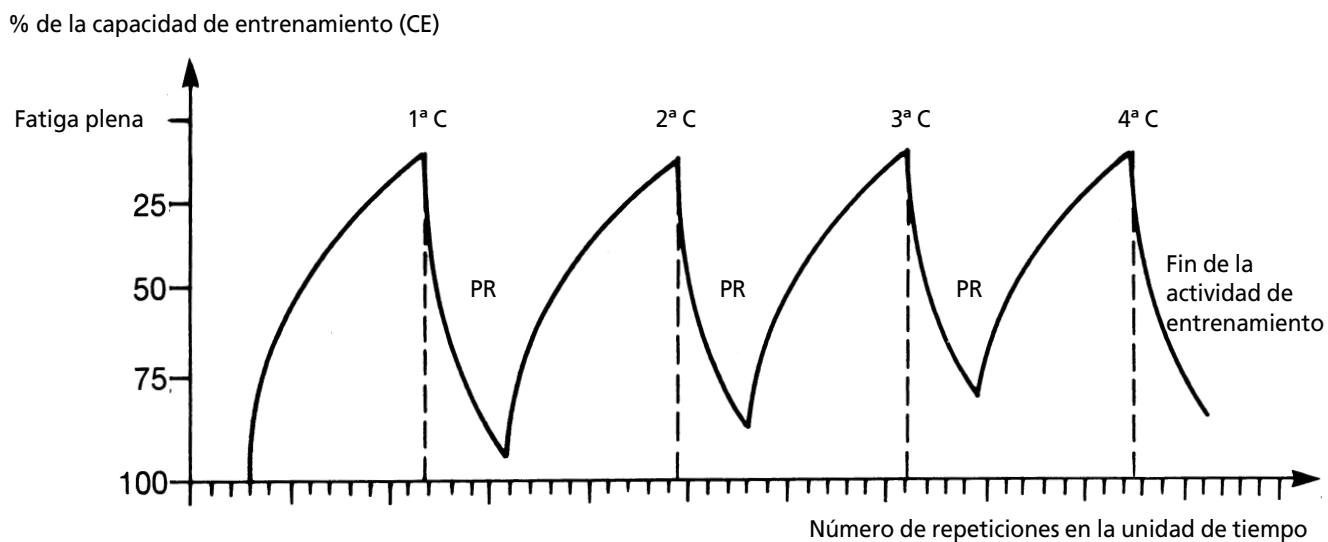
Atención. La longitud de la pausa que satisface la necesidad de “recuperación completa” no se puede indicar de forma exacta (p. ej., en minutos), pues el intervalo de pausa depende en un grado máximo de la carga próxima y de la carga previa. Con una carga de gran intensidad y de sólo unos pocos segundos, la duración de la pausa completa es también breve (p. ej., de 1 a 2 minutos, v. págs. 407 y 435); después de una carga máxima de entre 2 y 3 minutos, la pausa es notablemente mayor (p. ej.,

• Espectro de efectos fisiológicos del método de repeticiones

En este método de entrenamiento todos los parámetros de rendimiento de los sistemas respiratorio, cardiovascular y metabólico vuelven a la situación de partida debido a la *recuperación completa* que tiene lugar entre las diferentes cargas. En las sucesivas cargas se pasa repetidamente por todos los procesos de regulación. Por este motivo, el método de repeticiones trabaja de forma muy concreta la articulación mutua fluida de todos los mecanismos de regulación determinantes para el rendimiento, tal como refleja la figura 89.

Además de mejorar los mecanismos de regulación, el método de repeticiones, con sus cargas máximas y submáximas –sobre todo en el ámbito de las carreras en torno a 400 m, de un minuto aprox. de duración–, aplica intensidades de estímulo que permiten una hipertrofia de las fibras FT de los músculos que trabajan. Por ello, el método resulta apropiado sobre todo para disciplinas deportivas que necesitan, además de una buena capacidad de rendimiento en resistencia, un alto grado de velocidad (p. ej., en el ámbito de las distancias medias en atletismo).

Finalmente, el método de repeticiones, con sus exigencias de carga máxima, desempeña un papel importante para el aumento selectivo de las reservas energéticas musculares.



	Intensidad de la carga	Densidad de la carga	Volumen de la carga	Duración de la carga
Carrera	90-100 %	4-30 min	1-6 carreras	En función de la longitud del recorrido (v. texto)

Efecto fisiológico:

- Crecimiento muscular (en carreras cortas con intensidad máxima)
- Economización de los procesos metabólicos
- Aumento de las reservas energéticas

Efecto del entrenamiento:

1. Con carreras cortas con intensidad máxima:

- Fuerza máxima
- Fuerza velocidad
- Velocidad máxima
- Capacidad de aceleración
- Resistencia de velocidad

2. Con carreras más largas:

- Aumento de la capacidad aeróbica
- Mejora de la capacidad de aguante específico

Efecto pedagógico-psicológico:

- Fuerza de empuje de la voluntad
- Capacidad de intensificación hasta alcanzar la capacidad de rendimiento máxima individual
- Tolerancia a las cargas específicas de la competición

C = carga, PR = pausa de recuperación

Figura 88. Modalidades de realización y efectos del método de repeticiones en el ámbito del entrenamiento de resistencia (modificado de Colectivo de autores, 1982, 90).

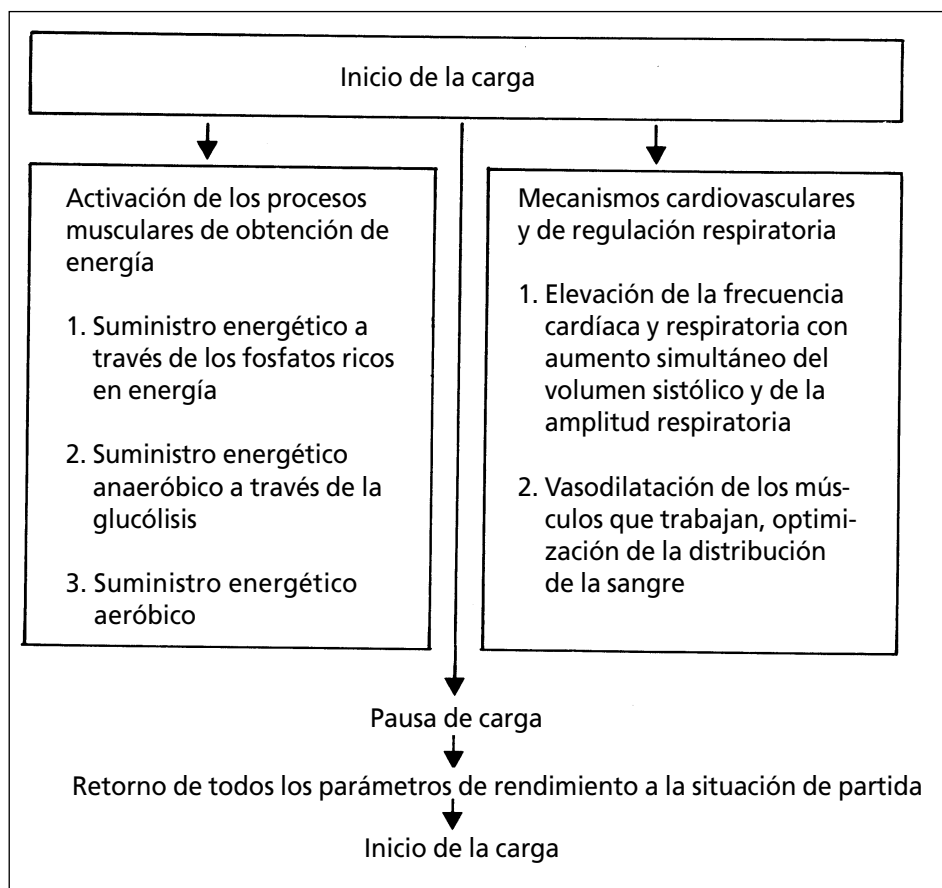


Figura 89. El principio del método de repeticiones.

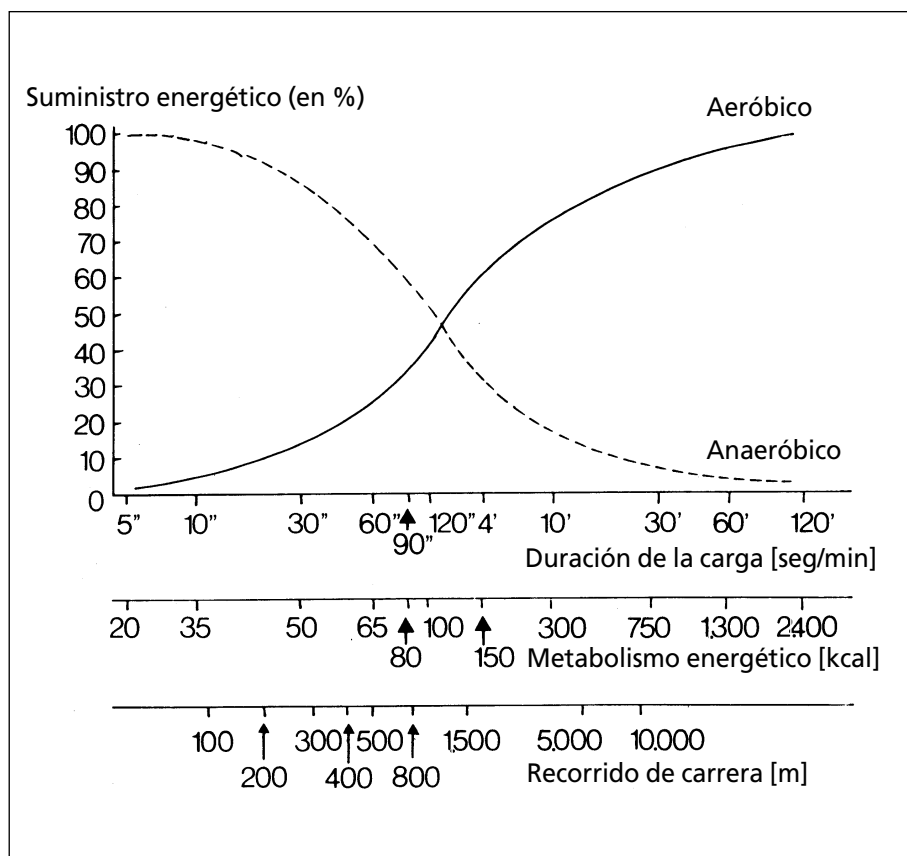


Figura 90. El tipo de suministro energético con carga máxima dependiendo del tiempo de trabajo y de la distancia del recorrido (de Keul, 1975, 596).

lares. Como se puede ver en la figura 90, la elección de la duración de la carga, esto es, de la distancia recorrida, interesa para trabajar de forma exclusiva o combinada las formas anaeróbica o aeróbica del suministro energético.

Al elegir una duración de carga (distancia) breve (hasta unos 10 s o 75 m) se vacían, en el ámbito anaeróbico, preferentemente las existencias de fosfatos ricos en energía, y aumenta su resíntesis en la fase de regeneración. El método de repeticiones de estas características (cf. también el método de intervalos de corta duración) sirve especialmente para mejorar la resistencia de velocidad (v. pág. 383).

Al elegir una duración de carga de entre 20 y 60 s se hace trabajar sobre todo al suministro anaeróbico; si la duración se sitúa en torno a los 2 min se movilizan las capacidades aeróbica y anaeróbica a partes iguales, y con una carga de mayor duración, sobre todo el suministro energético aeróbico.

El fenómeno de la supercompensación aparece de forma especialmente marcada cuando las reservas de energía –aquí sobre todo las de glucógeno– se vacían de forma completa y rápida (cf. Keul, 1975, 596; Jakovlev, 1978, 513); el método de repeticiones es en este aspecto el “método de vaciamiento” óptimo. Saltin (1973, 142) constató en 5-6 carreras de más de 50-60 s un vaciamiento completo de las fibras FT; como comparación, en carreras de resistencia en torno al 60-70 % de la capacidad de consumo máximo de oxígeno, el vaciamiento de las fibras ST sólo se produjo después de un tiempo de entre 2 y 3 horas. El ejemplo muestra además que, en función de la distancia del recorrido elegida, podemos vaciar de forma selectiva un determinado tipo de fibra de modo muy rápido, con el consiguiente ahorro de tiempo.

Así pues, el método de repeticiones es un procedimiento muy eficaz para mejorar la resistencia específica, y contribuye de una forma especialmente compleja, pero regulable al mínimo detalle, a mejorar los mecanismos y capacidades de regulación de los sistemas cardiovascular, respiratorio y metabólico.

Efecto del método de competición

El concepto *método de competición* sólo está justificado si como procedimiento metodológico se utiliza, de forma intencionada, una sucesión densa de competiciones, a la manera de un bloque. Por ejemplo, un corredor de 800 m tiene que disputar en una semana varias competiciones cuyas distancias no coinciden con su distancia propia habitual, esto es, son superiores o inferiores (*over/under distance running*). Con este método –reservado exclusiva-

mente al deporte de rendimiento– las competiciones se utilizan como contenidos de entrenamiento; sirven para agotar plenamente los potenciales funcionales y a su término deben generar una supercompensación a través de una fase de recuperación prolongada. El método de competición se utiliza, pues, exclusivamente como preparación para el punto álgido de la temporada.

Con ayuda del método de competición se trabajan exclusivamente las capacidades de resistencia específicas de la disciplina de competición. Junto a este grado extremo de especificidad, el método permite también adquirir experiencia y endurecerse en la competición, mejorar el comportamiento táctico y estudiar la táctica del contrario.

La ventaja especial del método de competición radica en la posibilidad de conseguir en competición estados funcionales de sistemas determinados que no se consiguen ni en el entrenamiento normal ni en competiciones de test o en controles del rendimiento de cualquier otro tipo (cf. Mijailov, 1973, 372). Según este planteamiento, la participación frecuente en la competición contribuye en gran medida a mejorar el estado de entrenamiento, pues todas las reservas de rendimiento psicofísicas sufren un desgaste completo: este “plus” de carga en la competición permite, sobre todo a los atletas de alto nivel, nuevas alteraciones de la homeostasis con los correspondientes mecanismos de adaptación.

Finalmente, la competición es la forma más específica de control de todos los factores psicofísicos que determinan el rendimiento, y nos informa sobre el acierto al elegir la configuración del entrenamiento o los métodos y contenidos del entrenamiento.

El método de competición es el método de entrenamiento más complejo, pues trabaja todas las capacidades específicas de la modalidad en cuestión.

Hemos de mencionar, no obstante, que la participación demasiado frecuente en competición puede habituar al deportista a la situación competitiva y reducir por tanto su nivel de estimulación, lo cual pondría en cuestión la validez de este método.

Formas de entrenamiento específicas

Para concluir la descripción de los diferentes métodos de entrenamiento, mencionaremos brevemente cuatro posibilidades de entrenamiento específico de la resistencia –*entrenamiento en altura, carreras de velocidad variable, carreras cuesta arriba y entrenamiento de la carrera a saltos*–, que pueden clasificarse, dentro del esquema propuesto al principio, como métodos continuos o de intervalos, si bien

por sus efectos específicos requieren una mención individual.

• Entrenamiento en altura

Debido a la carencia de oxígeno y a la saturación –lógicamente escasa– del oxígeno en sangre, el entrenamiento en altura fuerza unos procesos fisiológicos de adaptación radical (aclimatación) de todo el organismo, capaces de mejorar sustancialmente la capacidad de rendimiento en resistencia tras la vuelta a zonas bajas (cf. Howald, 1971, 273; Jackson/Balke, 1971, 27; Mellerowicz y cols., 1971, 9; Liesen/Hollmann, 1972, 160; Weidemann, 1972, 134; Brotherhood, 1974, 8; Nowacki, 1974, 97/173; Feth, 1979, 404; Hollmann/Hettinger, 1980, 567; Müller/Nachbauer, 1989, 37; Fischer y cols., 1992, 19; Sutton, 1993, 4; Überschär, 1993, 213; Neumann, 1994, 5).

Como alteraciones *favorables al rendimiento* encontramos sobre todo:

- Aumento de los glóbulos rojos y de la hemoglobina (cf. Weidemann, 1972, 119; Brotherhood, 1974, 5; Keul/Cerny, 1974, 18; Hollmann/Hettinger, 1980, 564 etc.). El aumento de eritrocitos eleva la capacidad para transportar oxígeno y, por tanto, la capacidad de rendimiento en resistencia.

El aumento del número de glóbulos rojos está provocado por la elevación del nivel de eritropoyetina. Esta hormona estimula la formación de sangre y origina un aumento de actividad del 2,3 DPG intraeritrocitario, lo cual incrementa la liberación de oxígeno en la célula (cf. Neumann, 1994, 51).

El entrenamiento en altura es el único tipo de entrenamiento que da lugar a un aumento *relativo* de los glóbulos rojos; el aumento *absoluto* de este componente sanguíneo, transportador de oxígeno, sólo se observa con un incremento paralelo del plasma sanguíneo.

- Mejora de la capilarización. Hollmann/Hettinger (1980, 565) hablan de un aumento de la cifra de capilares, mientras Appell (1980, 56) postula una mayor sinuosidad y una dilatación de los capilares existentes. No obstante, ambos mecanismos llevan al mismo resultado, a saber, un mejor abastecimiento de sangre con un tiempo de contacto más prolongado y un recorrido de difusión más corto, ayudado además por la reducción de la sección transversa de las fibras musculares.
- Aumento de las reservas de mioglobina (Brotherhood, 1974, 8; Keul/Cerny, 1974, 18; Feth, 1979, 402). Con es-

te aumento de capacidad crecen las reservas de oxígeno intracelulares del músculo (v. pág. 139).

- Aumento del número de mitocondrias-incremento de la actividad enzimática aeróbica (Brotherhood, 1974, 8; Appell, 1980, 56). El sistema de suministro energético *oxidativo* –también el anoxidativo glucolítico, según Nowacki (1974, 93/169) y Keul/Cerny (1974, 18)– experimenta un aumento de capacidad y adquiere por tanto una mayor tasa de rendimiento.

Como alteraciones *problemáticas o limitadoras del rendimiento* se consideran las siguientes:

- Aumento del metabolismo de los hidratos de carbono. La hipoxia (carencia de oxígeno) provoca un desplazamiento de la transformación energética favoreciendo el metabolismo de los hidratos de carbono, que en casos de nutrición insuficiente (deficitaria en hidratos de carbono) puede originar una carencia crónica de éstos y un aumento del catabolismo (degradación) de las proteínas (cf. Neumann, 1994, 51).

Este estado metabólico de mayor transformación de los hidratos de carbono se refleja, en términos prácticos, en una mayor producción de lactato con velocidades comparables en relación con los resultados en zonas bajas (v. fig. 91).

- Mayor deshidratación. En altura aumentan las pérdidas por sudoración debido a una mayor intensidad de carga con velocidades de avance comparables. El efecto se refuerza por el aumento de la actividad respiratoria, que acentúa la pérdida de agua y electrolitos. Si la restitución es incompleta, pueden producirse los correspondientes estados carenciales y con ello una pérdida de la capacidad de carga.
- Riesgo de quemaduras de origen solar y otros daños dérmicos como consecuencia de la mayor incidencia de los rayos ultravioleta (cf. Hönigsmann, 1981, 61).
- Depresión del sistema inmunitario inducida por la hipoxia con un mayor riesgo de infección, como afecciones de los senos del macizo facial (cf. Überschär, 1993, 215).
- Debido a la menor presión atmosférica aumenta la posibilidad de padecer meteorismo y dolor de dientes (si existen cavidades provocadas por caries) (cf. Israel/Israel/Thierbach, 1969, 139).
- Posibilidad de una alteración psíquica, sobre todo en casos de permanencia en altura artificial: “psicosis de la concentración en altura” (cf. Israel/Israel/Thierbach, 1969, 140; Überschär, 1993, 215).

Finalmente, como factores *de limitación del rendimiento* se consideran también la hiperventilación, la consiguiente reducción del sistema tampón de los bicarbonatos (v. pág. 146), el aumento del gasto energético provocado

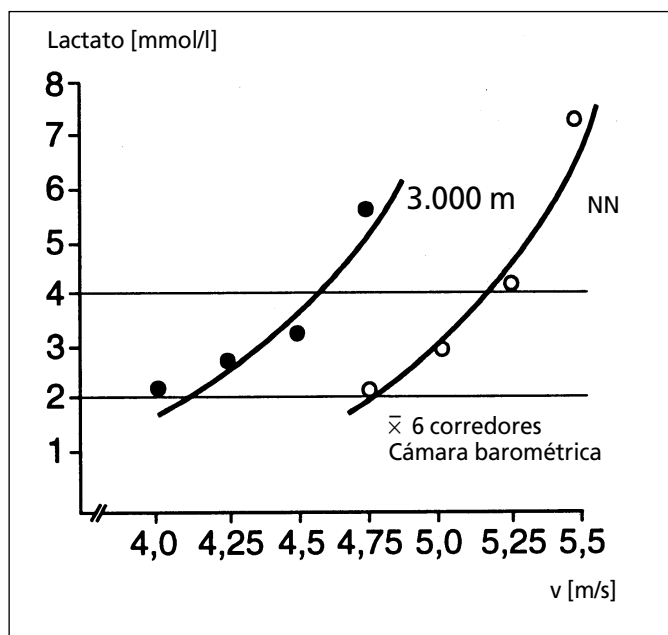


Figura 91. Comparación de la curva del rendimiento del lactato en corredores que han iniciado su entrenamiento en una altura de 3.000 m. El estímulo inhabitual de la hipoxia produjo un fuerte desgaste del metabolismo anaeróbico, lo que en términos prácticos significa una reducción de la velocidad de carrera continua en torno a 0,5 m/s (de Neumann, 1994, 51).

por la mayor actividad respiratoria y la intensificación del trabajo del corazón debido a la mayor viscosidad de la sangre (cf. Feth, 1979, 401; Hollmann/Hettinger, 1980, 563).

En el entrenamiento en altura parecen predominar en conjunto los factores favorables al rendimiento; así pues, hemos de contar en general con un aumento de la capacidad de rendimiento en resistencia, que debe reflejarse positivamente sobre los resultados de la competición.

No obstante, a la hora de poner en práctica y organizar un entrenamiento en altura se deberían tomar en consideración ciertos problemas que comentaremos brevemente tras formularlos como pregunta:

- ¿Objetivos?

El entrenamiento en altura sirve para preparar una competición en altitud baja o en un lugar de competición situado a más de 1.500 m de altura (cf. Feth, 1979, 402); sin embargo, no se debería utilizar como entrenamiento de consolidación (jóvenes), pues su aprovechamiento implica una capacidad bien desarrollada de rendimiento en resistencia (cf. Wedekind, 1979, 411).

- ¿Duración?

Dado que en las dos primeras semanas aparecen ya síntomas de adaptación pronunciados, la duración óptima, también por razones financieras, se puede establecer en

dos semanas, como máximo tres (cf. Liesen/Hollmann, 1972, 157; Hollmann/Hettinger, 1980, 567; Überschär, 1993, 215).

- ¿Frecuencia?

Un entrenamiento en altura repetido parece tener efectos más favorables sobre la capacidad de rendimiento en resistencia que uno aislado, pues los efectos positivos, según Johnston/Turner (1974, 55), crecen a medida que aumenta la frecuencia de las estancias en altura, debido a la mejora en la adaptación.

- ¿Altitud adecuada?

Como altitud más conveniente se consideran los centros de entrenamiento situados entre 1.800 y 2.800 m. Por debajo de los 1.800 m el “efecto de estímulo” de la carencia de oxígeno es demasiado escaso; por encima de los 2.800 m la excesiva carencia de oxígeno y el aire demasiado frío y seco dificultan la práctica de una actividad de entrenamiento normal (cf. Howald, 1971, 273; Adam y cols., 1972, Nowacki, 1974; Feth, 1979, 404).

- ¿Cómo se debe entrenar?

Después de unos pocos días de aclimatación, el rendimiento de entrenamiento en altura debe corresponder exactamente al de zona baja. Como el entrenamiento en altura, simplificando, no es más que un entrenamiento a nivel del mar realizado en condiciones difíciles, el mismo trabajo produce un aumento de la capacidad de rendimiento continuo bastante más pronunciado que si se efectúa a nivel del mar (cf. Mellerowicz y cols., 1970, 207 s.). Debido a la intensificación de la situación de carga, durante el entrenamiento prolongaremos siempre los descansos entre los distintos esfuerzos (cf. Frolov y cols., 1974, 1109).

- ¿Qué cambia en la nutrición?

En altura se acentúan la pérdida de agua y de electrolitos (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 556; Berghold, 1982, 64) y la degradación del glucógeno intramuscular (Hollmann/Hettinger, 1980, 563). La causa de esta mayor deshidratación radica, entre otros factores, en la mayor eliminación de agua en la mucosa del tracto respiratorio, que sirve para humedecer y calentar el aire de las alturas, más seco y frío. La mayor degradación del glucógeno muscular se explica sobre todo por el aumento de la intensidad y el consiguiente aumento del metabolismo de los hidratos de carbono. La consecuencia de unos hábitos nutricionales correctos será una reposición adecuada de electrolitos y de líquidos y una dosis mayor de hidratos de carbono. El control regular del peso antes y después del entrenamiento es una herramienta práctica para mantenerlo constante y, de forma indirecta, para mantener también la capacidad de rendimiento corporal. Los errores de nutrición en altitud pueden producir rápidamente el cuadro sintomático del “sobrentrenamiento” (v. pág. 588).

- ¿Cómo se comporta la capacidad de rendimiento en resistencia tras la vuelta al nivel del mar?

Después de un tiempo de reaclimatación de entre 2 y 5 días, asociado posiblemente a un descenso transitorio del rendimiento (cf. Wedekind, 1979, 412), la mejora de la capacidad de rendimiento suele mantenerse durante 2 o 3 semanas (cf. Lakitsch, 1970, 5; Howald, 1971, 276). La competición prevista debería celebrarse en este período.

- ¿Qué papel desempeñan las reacciones individuales en la eficacia de un entrenamiento en altura?

Las discrepancias en la valoración del entrenamiento en altura no sólo se basan en los errores en la realización de este tipo de entrenamiento, sino también en las grandes diferencias observadas en las reacciones de los deportistas ante el efecto complejo del entrenamiento en altura. Las diferencias interindividuales en cuanto a la duración de la aclimatación, la tolerancia a la carga y la estabilidad psicofísica y sanitaria influyen sobre la eficacia de este tipo de entrenamiento y, por tanto, sobre el grado de mejora en la capacidad de rendimiento y sobre el momento de aparición de dicha mejora tras la vuelta al nivel del mar. La reacción en estos apartados puede presentar una dispersión individual elevada, y por ello se recomienda no efectuar un primer entrenamiento en altura inmediatamente antes de una competición decisiva, sino hacerlo como prueba a la primera oportunidad que se ofrezca. Sólo un ensayo previo puede informarnos con suficiente probabilidad sobre las circunstancias individuales de reacción y adaptación susceptibles de aprovecharse en próximas estancias en altura. Esta forma de proceder parece especialmente indicada en modalidades practicadas en grupo o en equipo.

Para la sincronización u homogeneización del grupo en su conjunto necesitamos datos suficientes sobre los diferentes tiempos de aclimatación y reaclimatación de cada uno de los participantes; el entrenamiento en altura sólo tiene sentido cuando todos los participantes consiguen al mismo tiempo su pretendido punto álgido de rendimiento a nivel del mar, en función de la competición decisiva.

Resumiendo, podemos afirmar que el entrenamiento en altura, si se efectúa correctamente y respetando las particularidades individuales, contribuye de forma positiva al incremento de la capacidad de rendimiento en resistencia. Para profundizar en este tema remitimos a los resúmenes bibliográficos de Feth (1979, 405 s.) y Hartmann/Hommel (1981, 56, 3 s.).

• Carreras de velocidad variable

En las carreras de velocidad variable las aceleraciones periódicas provocan una mayor sollicitación transitoria de la capacidad anaeróbica. Así pues, se obliga al organismo,

en especial a la célula muscular, a alternar de forma constante entre suministro energético aeróbico, aeróbico-anaeróbico y anaeróbico, y a acomodarse a las diferentes exigencias metabólicas. Esta superación repetida del “umbral anaeróbico” produce alteraciones específicas en el ámbito de los sistemas enzimáticos responsables del suministro energético aeróbico y anaeróbico, e incide de forma especialmente favorable sobre la capacidad para soportar o compensar estrangulamientos transitorios en el suministro de oxígeno (cf. Mijailov, 1972, 1014).

La carrera de velocidad variable es, pues, un método eficaz para mejorar las capacidades aeróbica y anaeróbica.

• Carreras cuesta arriba

Las carreras cuesta arriba (pendiente de 10-15°) han demostrado una gran eficacia para el entrenamiento de la resistencia específica. Como muestran los estudios de Keul (1975, 596) y Nurmekiwi (1975, 1385), esta forma de entrenamiento somete al metabolismo de los hidratos de carbono a un desgaste especialmente intenso. Con una longitud de carrera de 150 m (e intensidad de trabajo elevada) se consiguen ascensos del ácido láctico y por tanto niveles de acidosis en sangre superiores a los producidos por una carrera de 400 m en llano.

Por el contrario, el consumo máximo de oxígeno se consigue sobre los 400 m y no sobre los 150 m. Así pues, para la práctica del entrenamiento, el trabajo cuesta arriba, según el método interválico y con una distancia de carrera de 150 m, es más apropiado para el desarrollo de la capacidad anaeróbica, y el efectuado sobre una distancia de 400 m es más apropiado para el desarrollo y la estabilización de la capacidad aeróbica (cf. Nurmekiwi, 1975, 1386).

• Entrenamiento de la carrera a saltos

El entrenamiento de la carrera a saltos –denominado también, no muy correctamente, entrenamiento de resistencia de la elasticidad (cf. Tshciene, 1974, 1053)– se suele realizar en forma de entrenamiento interválico y tiene una cierta similitud con las carreras cuesta arriba. No obstante se diferencia de ellas en un punto esencial, el tipo de realización; cierto que se corre también hacia arriba, pero se busca una ejecución de la carrera con saltos y conducción del muslo hacia arriba.

El entrenamiento de la carrera a saltos se basa en los fundamentos fisiológicos del método pliométrico (v. pág. 257) y aprovecha el momento del estiramiento muscular hacia delante para desarrollar la fuerza de propulsión. Esta forma de entrenamiento resulta apropiada sobre todo para el medio fondo en atletismo. Desde el punto de vista metabólico equivale al entrenamiento cuesta arriba; no obstan-

te, el trabajo explosivo de propulsión incorpora un estímulo poderoso para la hipertrofia de la musculatura de carrera, lo cual influye positivamente sobre el componente de la velocidad.

En su conjunto, el entrenamiento de la carrera a saltos constituye una herramienta de entrenamiento muy eficaz para trabajar la resistencia específica del corredor de medio fondo y debería tenerse en cuenta en su justa medida al plantearse el desarrollo de esta capacidad específica de la resistencia.

• Carreras de resistencia

Ciertas facetas específicas de la resistencia (fuerza de resistencia, resistencia de fuerza) se pueden trabajar de forma selectiva en forma de carreras de tracción o arrastre –descritas con más detalle en el capítulo sobre la velocidad, v. pág. 404–, o bien en forma de carrera con pesos añadidos (chaleco lastrado y similares).

Para conseguir la máxima eficacia posible en el entrenamiento de resistencia necesitamos conocer detalladamente no sólo los efectos de los diferentes métodos y contenidos de entrenamiento, sino también las exigencias fisiológicas de las diferentes capacidades de la resistencia. Sólo así podremos optimizar el proceso de entrenamiento según el principio de “una llave para cada cerradura”.

Exigencias de la resistencia de corta, media y larga duración

Exigencias de la resistencia de corta duración (cargas entre 45 s y 2 min)

La figura 64 muestra que la resistencia a corto plazo ocurre en gran medida al suministro energético anaeróbico. A la vez se puede ver en este contexto la importancia que tiene la capacidad aeróbica (resistencia de base) para un desarrollo óptimo de la resistencia a corto plazo.

Los siguientes factores se consideran decisivos para el suministro energético anaeróbico (v. pág. 81):

- el nivel de las reservas de glucógeno celulares,
- la capacidad metabólica de las enzimas de la glucólisis anaeróbica,
- la capacidad de estas enzimas para trabajar incluso con un alto grado de acidosis producida por la carga.

Los métodos y contenidos de entrenamiento apropiados para su desarrollo son:

- método de competición,

- método de repeticiones (con una duración de la carga en torno al máximo de la glucólisis anaeróbica),
- método interválico a corto plazo de carácter intensivo, carreras de velocidad variable, carreras cuesta arriba.

Exigencias de la resistencia de media duración (2-8 min)

La resistencia de media duración exige, dependiendo de la distancia recorrida, un porcentaje de suministro energético anaeróbico o aeróbico de un 20-80 %. En distancias entre 800 y 1.200 m el porcentaje de las capacidades aeróbica y anaeróbica se sitúa en un 50 % aproximadamente (v. Keul, 1975, 632).

Como factores decisivos de la resistencia de media duración se consideran:

- El nivel de la capacidad anaeróbica (cf. pág. 81).
- El nivel de la capacidad aeróbica: la capacidad aeróbica está limitada sobre todo por los parámetros cardiovasculares (incluidos la capilarización y el aumento del volumen sanguíneo) y metabólicos (reservas energéticas y capacidad mitocondrial) (cf. pág. 156). Entre los métodos y contenidos de entrenamiento para el desarrollo de la resistencia de media duración figuran los destinados a mejorar las capacidades anaeróbica (v. *ibidem*) y sobre todo aeróbica. A los métodos y contenidos anaeróbicos ya mencionados se añaden el método continuo –con sus correspondientes contenidos– y los métodos interválicos de media y larga duración.

Exigencias planteadas a la resistencia de larga duración

En la resistencia de larga duración, el papel limitador del rendimiento lo desempeña sobre todo la capacidad aeróbica. En los ámbitos de la resistencia de larga duración II (30-90 min) y sobre todo III (más de 90 min), con producción de energía aeróbica, la oxidación de ácidos grasos libres (AGL) ocupa un lugar cada vez más importante junto a la combustión de hidratos de carbono. Para las cargas de intensidad media los lípidos pueden suministrar hasta un 70 % de la energía de trabajo (cf. Paul/Holmes, 1975, 176).

Los lípidos se ofrecen a los músculos que trabajan bajo muchas formas: AGL, triglicéridos, cuerpos cetónicos. No obstante, el sustrato principal para cubrir el aumento de necesidades energéticas durante las cargas prolongadas lo proporcionan los ácidos grasos libres. Interesa señalar aquí que, en función del estado de entrenamiento del deportista, se pueden quemar también AGL incluso en ámbitos de intensidad elevados (en deportistas bien entrenados) (cf.

Sarviharju/Vihko, 1972, 255; Paul/Holmes, 1975, 182; Senger/Donath, 1977, 395 y otros). Así pues, con la combustión oxidativa de los ácidos grasos libres, el músculo esquelético del deportista entrenado es capaz de proteger los depósitos de glucógeno propios y el depósito de glucógeno del hígado, enormemente importante para mantener una glucemia normal. Por ello el deportista puede correr no sólo más tiempo, sino también con mayor intensidad.

Para el desarrollo de la resistencia de larga duración disponemos de los siguientes métodos y contenidos de entrenamiento:

- entrenamiento continuo en el ámbito del “umbral anaeróbico” (carreras hasta 60 min) como carreras por el bosque, campo a través o *cross*,
- entrenamiento en carrera continua en el ámbito del “umbral aeróbico” (carreras de hasta 2 horas),
- carreras de velocidad cambiante,
- carreras continuas interválicas,
- fartlek, etc.

Como resumen, podemos asegurar que la práctica del entrenamiento de resistencia sólo resulta viable si las magnitudes planteadas como objetivo son conocidas desde el punto de vista de la fisiología del rendimiento, y si se busca mejorarlas con los métodos y contenidos de entrenamiento necesarios.

Conviene señalar que *un solo* procedimiento de entrenamiento no puede nunca mejorar de forma continua la capacidad de rendimiento en resistencia, sino sólo el *conjunto* de todos los métodos y contenidos disponibles. Sólo con la alternancia constante, aunque selectiva, de métodos y contenidos se consiguen a largo plazo nuevas alteraciones de la homeostasis y, por tanto, los síntomas de adaptación subsiguientes, que son el requisito imprescindible de nuevas mejoras del rendimiento.

Tests y formas de control de la resistencia para el diagnóstico del rendimiento y la organización del entrenamiento

Para evaluar el nivel de la capacidad de rendimiento en resistencia y su porcentaje de mejora en el transcurso del proceso de entrenamiento deben efectuarse tests o ejercicios de control a intervalos de tiempo regulares.

Los tests generales y específicos permiten reconocer y corregir errores en la planificación y organización del entrenamiento y en la utilización de métodos y contenidos.

Sólo mediante un control constante de la eficacia del entrenamiento, esto es, mediante la comparación de valores ideales y valores reales, se puede organizar y optimizar de forma suficientemente detallada el proceso de entrenamiento a largo plazo.

Distinguimos procedimientos de control y de test para calcular la resistencia general y la específica, siendo más relevante el cálculo de la segunda.

Tests para calcular la capacidad de rendimiento en resistencia aeróbica

1. Tests de carrera “sencillos”

Los tests mencionados y practicados más a menudo para calcular la capacidad de rendimiento en resistencia aeróbica son la carrera de 12 minutos (test de Cooper) y las carreras de 1.000, 3.000 y 5.000 m. Además se puede efectuar carreras por tiempo, durante 8 y 15 minutos (cf. Cooper, 1970; Kunze, 1977, 163; Pahlke/Peters, 1979, 356; Dordel/Bernoteit, 1981; Bauer/Ueberle, 1984; Binz 1984, 34; Gerisch/Tritschoks, 1985, 46; Hagedorn y cols., 1986, 113; Grosser/Starischka, 1986, 97; Apor, 1988, 99; Geese, 1990, 27; Gerisch, 1990, 62).

En modalidades con otra forma de desplazamiento, como, por ejemplo, ciclismo, esquí de fondo, natación, etc., el cálculo de la resistencia aeróbica debería efectuarse de acuerdo con las particularidades de la modalidad, pues cada una solicita grupos musculares distintos como soporte del rendimiento aeróbico.

Como ejemplo, los tests de carrera, utilizados a menudo como alternativa en esquí de fondo, favorecen al “corredor urbano” y dejan en mal lugar al esquiador de fondo propiamente dicho.

Desde el punto de vista anatómico, en los tests antes mencionados se plantea la cuestión de la validez, esto es, si la prueba realmente mide lo que dice medir. Después de realizar todas estas carreras con el propósito de cubrir un tiempo determinado o una distancia establecida, el elevado nivel de fatiga impide que lo examinado sea la resisten-

cia, sino una mezcla de resistencia anaeróbica-aeróbica: cuanto más corta sea la distancia de carrera –esto vale sobre todo para la carrera de 1.000 m, pero también en menor grado para la carrera de 5.000 m y para el test de Cooper–, mayor será el porcentaje de suministro energético anaeróbico láctico. Así pues, los tests de este tipo tienen una validez relativa para comprobar la capacidad de rendimiento aeróbica, pues miden una característica distinta de la prevista (la resistencia mixta anaeróbica-aeróbica). A pesar de estas limitaciones siguen siendo, con una ejecución correcta de la carrera, con velocidad regular y sin sprint final, un instrumento útil para evaluar la capacidad de rendimiento en resistencia.

a) Test de Cooper (carrera de 12 minutos)

El test de Cooper es el test más habitual para calcular la capacidad de rendimiento en resistencia aeróbica. Por este motivo lo describiremos con especial detalle. Normalmente se realiza sobre una pista de 400 m.

La distancia recorrida en 12 minutos nos informa sobre la capacidad de rendimiento en resistencia del deportista. Las tablas de conversión para las diferentes categorías de edad y de rendimiento permiten evaluar la capacidad de rendimiento en resistencia en comparación con otros grupos que han efectuado el test. No obstante, hemos de indicar que la comparación interindividual posee un valor informativo limitado, pues la tipología del corredor (tipo de fondista, de esprinter) o bien, en los grandes juegos deportivos, la posición del jugador –en fútbol, por ejemplo, un centrocampista tiene que poseer una capacidad de rendimiento en resistencia mayor que la de un media punta o un defensa (cf. Weineck, 1992, 115)– basta por sí misma para esperar rendimientos diferentes.

Aun así, la “comparación aproximada” con deportistas/jugadores del mismo nivel de rendimiento o de juego, o bien de la misma posición, no carece de interés. En el futuro la investigación científica en el deporte debería plantearse la elaboración de perfiles de requisitos propios de los diferentes tipos y posiciones. Tampoco debe faltar una orientación hacia unos objetivos en el sentido de la organización del entrenamiento (v. pág. 182). Se debería calcular “valores ideales” para cada deportista/jugador como referencias de un “grado mínimo” deseable o de un “grado óptimo”.

Tablas de conversión para el test de Cooper

Miden el desarrollo de la capacidad de rendimiento en resistencia aeróbica con la ayuda de los resultados del test de Cooper a lo largo de los años.

El desarrollo de la capacidad de rendimiento en resistencia de niños que practican deporte de rendimiento –ve-

rificado a través del test de Cooper– no adopta un transcurso lineal desde la edad infantil y juvenil hasta la edad adulta, sino que presenta su ascenso más pronunciado en el período entre los 11 y los 15 años (figura 92).

Grosser/Starischka (1986, 98) han recogido en niños y jóvenes del ámbito del deporte escolar los promedios mencionados en la tabla 20.

La tabla 21 nos permite evaluar la capacidad de rendimiento en resistencia de jóvenes de ambos sexos.

Si se compara la evolución de los rendimientos de carrera en el test de Cooper con el desarrollo del consumo máximo de oxígeno en niños y jóvenes en el período entre 11/12 y 18 años, se puede observar la ausencia de correlación estrecha entre ambos parámetros de rendimiento, en contraposición con otros estudios (v. pág. 170). Apór (1988, 97) ha mostrado que los valores de consumo máximo de oxígeno en niños y jóvenes apenas se modificaban en el transcurso de los años, mientras que los valores del test de Cooper mejoraban notablemente (tabla 22).

Así pues, el cálculo del rendimiento en carrera mediante el test de Cooper es una herramienta más adecuada que el registro del consumo máximo de oxígeno para evaluar el desarrollo de la capacidad de rendimiento en resistencia con el paso de los años.

Valores del test de Cooper y tablas de conversión para adultos

En la tabla 23 se puede ver las valoraciones que proporciona Cooper (1970) para el rendimiento de adultos (hombres).

En contraposición con la edad infantil y juvenil, en el adulto se da un cierto paralelismo entre los valores de consumo máximo de oxígeno (en relación con el peso corporal) y los rendimientos en carrera: cuanto mayor es el consumo máximo de oxígeno, mayor es la capacidad de rendimiento en resistencia aeróbica y la distancia recorrida en el test de Cooper.

El test de Cooper como herramienta para la regulación del entrenamiento

Para estar informado sobre el nivel, mejora o retroceso de la capacidad de rendimiento en resistencia, el entrenador tiene que revisar de forma regular, mediante tests, la eficacia de su entrenamiento, sobre todo al principio de la pretemporada, en su parte media y al final, y también una vez durante el período de competición (cálculo del nivel de la resistencia aeróbica).

Atención. El test de Cooper como herramienta de organización del entrenamiento en el ámbito de la capacidad de rendimiento en resistencia sólo resulta útil acompañado de una medición del lactato. Por lo demás, los resultados del test de Cooper pueden utilizarse para una “estima-

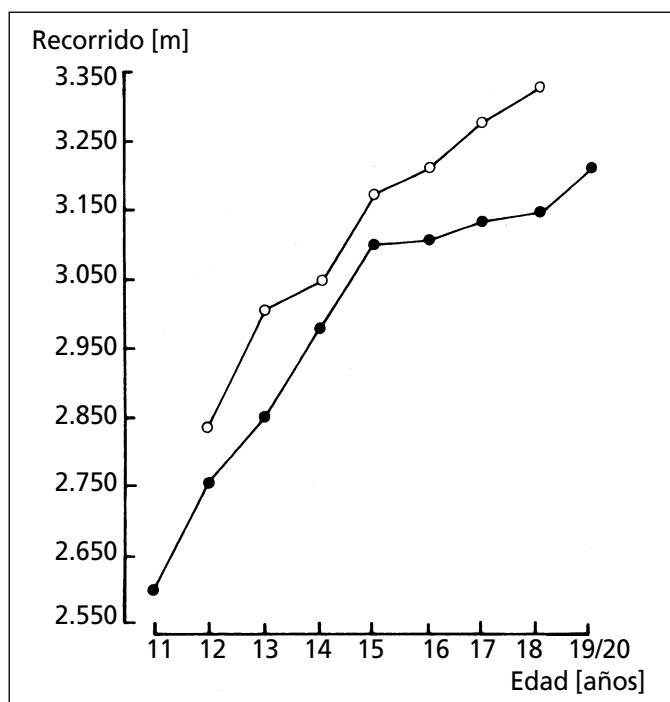


Figura 92. Desarrollo de la capacidad de rendimiento en resistencia con el paso de los años en niños y jóvenes varones. (●-● = miembros del equipo austriaco de tenis; ○-○ = valores de un jugador de elite con entrenamiento de resistencia suplementario; tomado de Müller, 1991)

ción aproximada”, si bien tienen que interpretarse con la necesaria cautela.

La valoración de la capacidad de rendimiento en resistencia aeróbica mediante el test de Cooper sólo resulta útil cuando el deportista efectúa los tests con motivación siempre igual (máxima) y en condiciones marco siempre iguales (clima, nutrición, estado de preparación, etc.).

Para tener en cuenta a la hora de la realización: la velocidad tiene que ser regular, sin esprint final; tampoco se ha de indicar el último minuto con una señal acústica.

b) Tests de Cooper modificados

Carrera de 8 minutos para niños

Al igual que el test de Cooper, la carrera de 8 min sirve para evaluar la capacidad de rendimiento en resistencia a través de la distancia recorrida. Dado que los niños pasan al metabolismo aeróbico con mayor rapidez en comparación con los adultos (v. pág. 215), y que el menor tiempo de carrera plantea un riesgo de monotonía menor y por tanto pérdidas menores en cuanto a la disposición al es-

	9/10 años	11/12 años	13/14 años	15 años
Chicos	n=77 2.155±357	n=85 2.315±307	n=68 2.414±426	n=28 2.607±438 m
Chicas	n=40 1.904±389	n=49 1.918±347	n=71 2.083±287	n=23 2.105±220 m

Tabla 20. Promedios en el test de Cooper en chicos de ambos sexos, de entre 9 y 15 años, en el ámbito del deporte escolar (Grosser/Starischka, 1986, 98)

Edad [años]	11	12	13	14	15	16	17
Condición física (distancia recorrida [m])							
Excelente	2.800	2.850	2.900	2.950	3.000	3.050	3.100
Muy buena	2.600	2.650	2.700	2.750	2.800	2.850	2.900
Buena	2.200	2.250	2.300	2.350	2.400	2.450	2.500
Satisfactoria	1.800	1.850	1.900	1.950	2.000	2.050	2.100
Deficiente	1.200	1.250	1.300	1.350	1.400	1.450	1.500
Insuficiente	Menos metros que "deficiente"						

Tabla 21. Tabla de conversión para la valorar la capacidad de rendimiento en resistencia de jóvenes (varones) a través de las longitudes de recorrido obtenidas en el test de Cooper (carrera de 12 minutos). Para las chicas rigen los mismos valores restando 200 (de Grosser/Brügge-mann/Zintl, 1986, 129)

Edad [años]	Distancia en el test de Cooper (promedios [m])	Número de participantes	Promedios de consumo máximo de oxígeno [ml/(kg/min)]	Número de participantes
11-12	2.585 ± 18	127	56,0 ± 1,97	16
13	2.595 ± 21	113	27,8 ± 2,3	15
14	2.793 ± 17	156	51,4 ± 1,8	21
15	2.800 ± 24	78	56,0 ± 1,2	31
16	2.938 ± 15	140	58,6 ± 1,2	37
17	3.021 ± 18	141	56,9 ± 1,3	33
18	2.924 ± 52	12	-	-

Tabla 22. Resultados del test de Cooper y consumo máximo de oxígeno relativo (referido al peso corporal) en niños y jóvenes (de sexo masculino) de edades entre 11/12-18 años (de Apor, 1988, 99)

Grupo de rendimiento	Distancia recorrida [km]	Consumo de oxígeno [ml/kg PC/min]
I = muy malo	menos de 1,61	28 o menos
II = malo	1,61-2	28,1-34
III = moderado	2-2,4	34,1-42
IV = bueno	2,4-2,8	42,1-52
V = muy bueno	más de 2,8	52,1 o más

Tabla 23. Categorías del rendimiento en una carrera de 12 minutos, varones (Cooper, 1970)

Evaluación del rendimiento	Rendimiento de carrera [m]				Rendimiento [W/kg PC]	Consumo de O ₂ [ml/(min/kg PC)]
	Chicas		Chicos			
	8 años	9 años	8 años	9 años		
Muy bueno	≥ 1.750	≥ 1.800	≥ 1.800	≥ 1.850	3,0	≥ 50,0
Bueno	1.550-1.740	1.600-1.790	1.600-1.790	1.650-1.840	3,0	45,0-49,9
Satisfactorio	1.350-1.540	1.400-1.590	1.400-1.590	1.450-1.640	2,5	40,0-44,9
Débil	1.150-1.340	1.200-1.390	1.200-1.390	1.250-1.440	2,0	35,0-39,9
Extremadamente débil	< 1.150	< 1.200	< 1.200	< 1.250	2,0	< 35,0

Tabla 24. Valores orientativos para evaluar la capacidad de rendimiento en resistencia con la ayuda de una carrera de 8 minutos (según Dor-del/Bernoteit, 1981)

fuerzo, Dordel/Bernoteit (1981) han desarrollado la carrera de 8 minutos para los niños. La tabla 24 muestra los correspondientes valores orientativos para evaluar la capacidad de rendimiento en resistencia. En contradicción con los resultados de los estudios de Apor (1988, 99), en los niños parecen existir dependencias mutuas entre el rendimiento en carrera y la capacidad de consumo máximo de oxígeno (en relación con el peso corporal) como criterio bruto de la capacidad de rendimiento en resistencia.

Carrera de 15 minutos para niños

La ventaja de una carga de carrera más prolongada consiste en que al aumentar la distancia, y por tanto el tiempo de carrera, el porcentaje de suministro energético anaeróbico pasa necesariamente a un segundo plano, con lo cual el objetivo del test, el registro de la capacidad de rendimiento en resistencia aeróbica, se consigue con un mayor grado de validez. La tabla 25 nos ofrece una base para evaluar la capacidad de rendimiento en resistencia de chicos de ambos sexos entre 7 y 13 años a partir de una carrera de 15 minutos.

2. Tests de carrera acompañados de medición de la frecuencia cardíaca. Mediciones de la frecuencia cardíaca para la determinación de la carga y la organización del entrenamiento

El inconveniente de todos los tests de resistencia descritos hasta el momento consiste sobre todo en que éstos exigen siempre una carga máxima al deportista para que la evaluación de los resultados obtenidos resulte correcta. El resultado o su valoración dependen, pues, en gran medida de la motivación del sujeto del test. Para desactivar el factor motivación (disposición a la fatiga) varios autores proponen carreras de menor intensidad –garantizando que la carrera tenga lugar realmente en el ámbito del metabolismo aeróbico– acompañadas de un registro de la frecuencia cardíaca (cf. Minarovjeh y cols., 1969, 232; Binz, 1985, 35; Probst, 1986, 97).

Una frecuencia cardíaca baja con la misma intensidad señala una mejora del estado de rendimiento en resistencia, y una frecuencia elevada, un empeoramiento. La comparación con las mediciones previas o posteriores nos permite constatar una mejora, un empeoramiento o un nivel constante del estado de entrenamiento.

Como muestran los estudios de Schwaberg y cols., (1984, 28), la medición de la frecuencia cardíaca sólo tiene un valor informativo importante cuando se efectúa con la

ayuda de aparatos, por ejemplo, a través del *sport-tester* (cf. Hofer/Rösler, 1985, 67; Jakob/Wolfahrt/Keul, 1986, 39). La comprobación palpatoria de la frecuencia cardíaca (medición digital o manual) presenta un grado excesivo de inexactitud, que impide un diagnóstico suficientemente detallado. Hemos de tener en cuenta, además, que la frecuencia cardíaca aumenta con el estrés psíquico y con los estados de deshidratación.

Como resumen podemos decir que la determinación de la frecuencia cardíaca, correctamente realizada –esto es, con métodos de medición lo más objetivos posible, como los pulsómetros (p. ej., el *sport-tester*)– y en condiciones marco comparables, es una herramienta extraordinariamente útil para evaluar, a partir de los datos obtenidos, la capacidad de rendimiento en resistencia, y por tanto para organizar el entrenamiento. Dada la amplia dispersión *interindividual*, la frecuencia cardíaca resulta más apropiada para la comparación *intraindividual* y menos para la *interindividual*, aunque en este último aspecto proporciona también informaciones valiosas para evaluar la carga.

3. Test de Conconi

Aunque el *test* de Conconi es una técnica más para calcular la capacidad de rendimiento en resistencia con la ayuda de la frecuencia cardíaca, en este punto le concedemos un tratamiento especial, pues en los últimos años ha desempeñado un claro protagonismo entre los distintos procedimientos diagnósticos (cf. Conconi y cols., 1982, 869; Braumann/Busse/Maassen, 1987, 35; Busse y cols., 1987, 33; Gaisl y cols., 1987, 47; Jakob y cols., 1988, 24; Lehnertz/Martin, 1988, 6; Ballarin y cols., 1989, 334; Heck y cols., 1989, 398; Hofmann y cols., 1989, 27; Tiberti y cols., 1989, 410; Urhausen y cols., 1989, 408; Weineck, 1992, 133).

En la práctica de entrenamiento se utilizan en la actualidad, de forma sistemática, dos esquemas de umbral para diagnosticar el rendimiento y para organizar el entrenamiento, a saber: la curva de rendimiento del lactato (v. pág. 182) como descripción de la cinética del lactato con determinadas cargas crecientes, y la curva de rendimiento de la frecuencia cardíaca (*test* de Conconi) como descripción de la cinética de la frecuencia cardíaca con determinado rendimiento creciente. Estas gráficas dan respuesta a una serie de preguntas (cf. Lehnertz/Martin, 1988, 5):

- ¿Con qué rendimiento se alcanza el umbral aeróbico-anaeróbico o anaeróbico?
- ¿Qué valoración nos merece la actual capacidad de rendimiento aeróbica?
- ¿Qué cambios se han producido en el ámbito de la capacidad de rendimiento aeróbica dentro de un determinado ciclo de entrenamiento?

- ¿Cómo establecer la intensidad de la carga en el entrenamiento de resistencia a partir del rendimiento del valor de umbral?

Principio de Conconi: bases fisiológicas del rendimiento

Como se puede ver en la figura 93, con un incremento continuo de la carga se establece una relación lineal entre la intensidad de la carga y la frecuencia cardíaca. A partir

de una determinada intensidad de carrera se produce una desviación –conocida como punto de inflexión de la frecuencia cardíaca–, a partir de la cual la intensidad puede seguir creciendo, pero la frecuencia cardíaca no aumenta en la misma medida que antes.

En los estudios de Pendergast/Cerretelli/Rennie (1979, 754) se observa que, al superar cargas el umbral anaeróbico, el aumento del consumo de oxígeno aumenta menos

Categoría de edad [años]	Rendimiento en resistencia (metros corridos en 15 min)		
	Bueno	Suficiente	Insuficiente
Chicos			
7	> 2.600	2.600-2.200	< 2.200
8	> 2.800	2.800-2.300	< 2.300
9	> 3.000	3.000-2.400	< 2.400
10	> 3.200	3.200-2.600	< 2.600
11	> 3.300	3.300-2.700	< 2.700
12	> 3.400	3.400-2.800	< 2.800
13	> 3.500	3.500-2.900	< 2.900
Chicas			
7	> 2.300	2.300-2.000	< 2.000
8	> 2.400	2.400-2.100	< 2.100
9	> 2.600	2.600-2.300	< 2.300
10	> 2.800	2.800-2.400	< 2.400
11	> 3.000	3.000-2.500	< 2.500
12	> 3.100	3.100-2.600	< 2.600
13	> 3.200	3.200-2.700	< 2.700

Tabla 25. Evaluación del rendimiento en resistencia sobre la base de la distancia recorrida en carrera de 15 minutos, en función de la edad de los deportistas, de ambos sexos (de Pahlke/Peters 1979, 359)

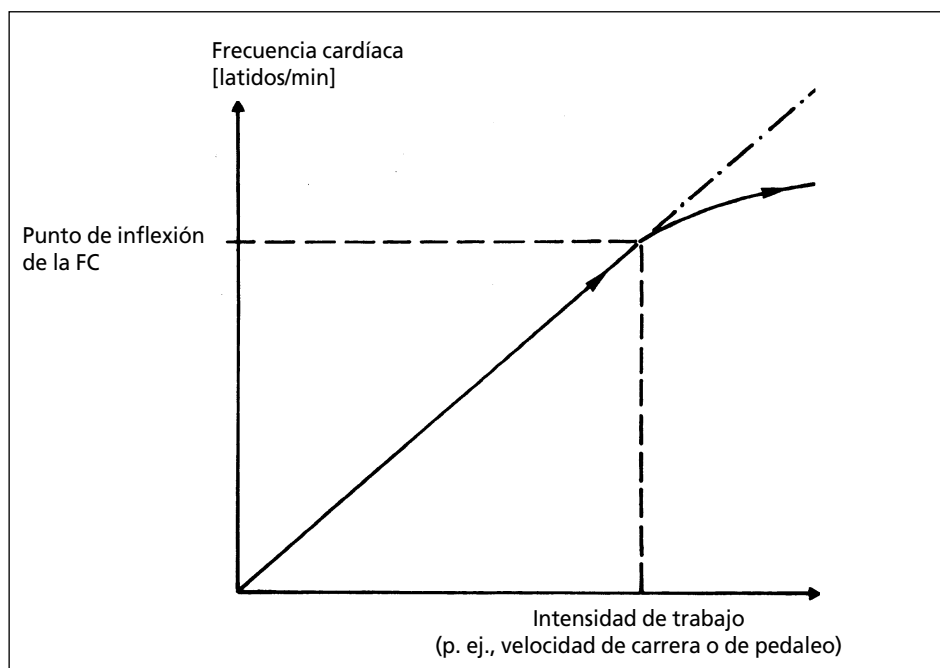


Figura 93. El principio de Conconi (de Janssen, 1989, 19).

Número de vuelta	Tiempo para los 200 m [s]	Tiempo para los 50 m [s]	Toque de silbato al alcanzar la distancia [m]
$1^{1/2}$	72	18	50-100-150-200
1	70	17,5	250-300-350-400
$1^{1/2}$	68	17	450-500-550-600
2	66	16,5	650-700-750-800
$2^{1/2}$	64	16	850-900-950-1.000
3	62	15,5	1.050-1.100-1.150-1.200
$3^{1/2}$	60	15	1.250-1.300-1.350-1.400
4	58	14,5	1.450-1.500-1.550-1.600
$4^{1/2}$	56	14	1.650-1.700-1.750-1.800
5	54	13,5	1.850-1.900-1.950-2.000
$5^{1/2}$	52	13	2.050-2.100-2.150-2.200
6	50	12,5	2.250-2.300-2.350-2.400
$6^{1/2}$	48	12	2.450-2.500-2.550-2.600
7	46	11,5	2.650-2.700-2.750-2.800
$7^{1/2}$	44	11	2.850-2.900-2.950-3.000
8	42	10,5	3.050-3.100-3.150-3.200
$8^{1/2}$	40	10	3.250-3.300-3.350-3.400
Por debajo de los 40 segundos la velocidad se incrementa sólo 1 segundo			
9	39	9,75	3.450-3.500-3.550-3.600
$9^{1/2}$	38	9,5	3.650-3.700-3.750-3.800
10	37	9,25	3.850-3.900-3.950-4.000
$10^{1/2}$	36	9	4.050-4.100-4.150-4.200
11	35	8,75	4.250-4.300-4.350-4.400
$11^{1/2}$	34	8,5	4.450-4.500-4.550-4.600
12	33	8,25	4.650-4.700-4.750-4.800
$12^{1/2}$	32	8	4.850-4.900-4.950-5.000
13	31	7,75	5.050-5.100-5.150-5.200
$13^{1/2}$	30	7,5	5.250-5.300-5.350-5.400
14	29	7	5.450-5.500-5.550-5.600
$14^{1/2}$	28	6,75	5.650-5.700-5.750-5.800
15	27	6,5	5.850-5.900-5.950-6.000
$15^{1/2}$	26	6,25	6.050-6.100-6.150-6.200
14	25	6	6.250-6.300-6.350-6.400
$14^{1/2}$	24	5,75	6.450-6.500-6.550-6.600

Tabla 26. Tabla de velocidades para el test de Conconi. Instrumental de trabajo necesario: silbato y cronómetro (con indicación de tiempo en centésimas)

de lo que correspondería al ascenso lineal inicial. Dado que el consumo de oxígeno depende, entre otros factores, de la capacidad de transporte, y por tanto de la frecuencia cardíaca, cuando la carga supera el umbral anaeróbico la frecuencia cardíaca aumenta también en menor medida de lo esperable de acuerdo con la intensidad de carga prescrita. Conconi y cols., (1982, 869) han podido documentar

este fenómeno denominándolo “punto de inflexión” en sus investigaciones de laboratorio y de campo.

Según Conconi, este punto de inflexión señala la intensidad de trabajo máxima con la cual se puede asegurar aún un suministro energético “plenamente” aeróbico. De esta manera se puede calcular el umbral anaeróbico “sin sangre”, esto es, sin medición de lactato; el conocimiento de

dicho umbral nos debería facilitar la organización del entrenamiento, con el resultado de un trabajo óptimo de la resistencia. Si en el punto de inflexión se calcula una frecuencia cardíaca de, por ejemplo, 170 latidos/min, el deportista entrenará a menudo en este ámbito durante las próximas semanas, pues esta intensidad permitirá un crecimiento máximo en la capacidad de rendimiento en resistencia aeróbica.

La ventaja principal del test de Conconi radica sobre todo en que no va asociado a una carga máxima completa con los correspondientes estados de agotamiento, por lo cual no resulta especialmente exigente en cuanto a la fuerza de voluntad del deportista. Si ya no se puede correr a una determinada velocidad, el atleta interrumpe el test. Por este motivo los deportistas, con independencia de la capacidad de rendimiento individual, suelen estar dispuestos a efectuar el test de Conconi, al contrario de lo que ocurre, por ejemplo, con el test de Cooper.

Modalidades de realización

Después de la correspondiente carrera de calentamiento (15-20 minutos) se coloca a cada participante un aparato de medición de la frecuencia cardíaca (p. ej., el *sport-tester*), que en lo sucesivo indica la frecuencia cardíaca (y en algunos modelos almacena estos datos). El test de Conconi se inicia ahora con un ritmo de carrera muy lento –por lo general se empieza con 72 segundos por cada 200 m–, que se incrementa cada 200 m primero 2 segundos, y posteriormente (una vez que se llega a los 40 segundos por 200 m) 1 segundo. El corredor participa en el test mientras pueda mantener la velocidad indicada.

Para correr durante el test a un ritmo creciente y regular se activa un sonido de control cada 50 m (silbido o bien el sonido de un temporizador grabado en cinta), que proporciona al corredor una ayuda permanente para mantener la velocidad (tabla 26).

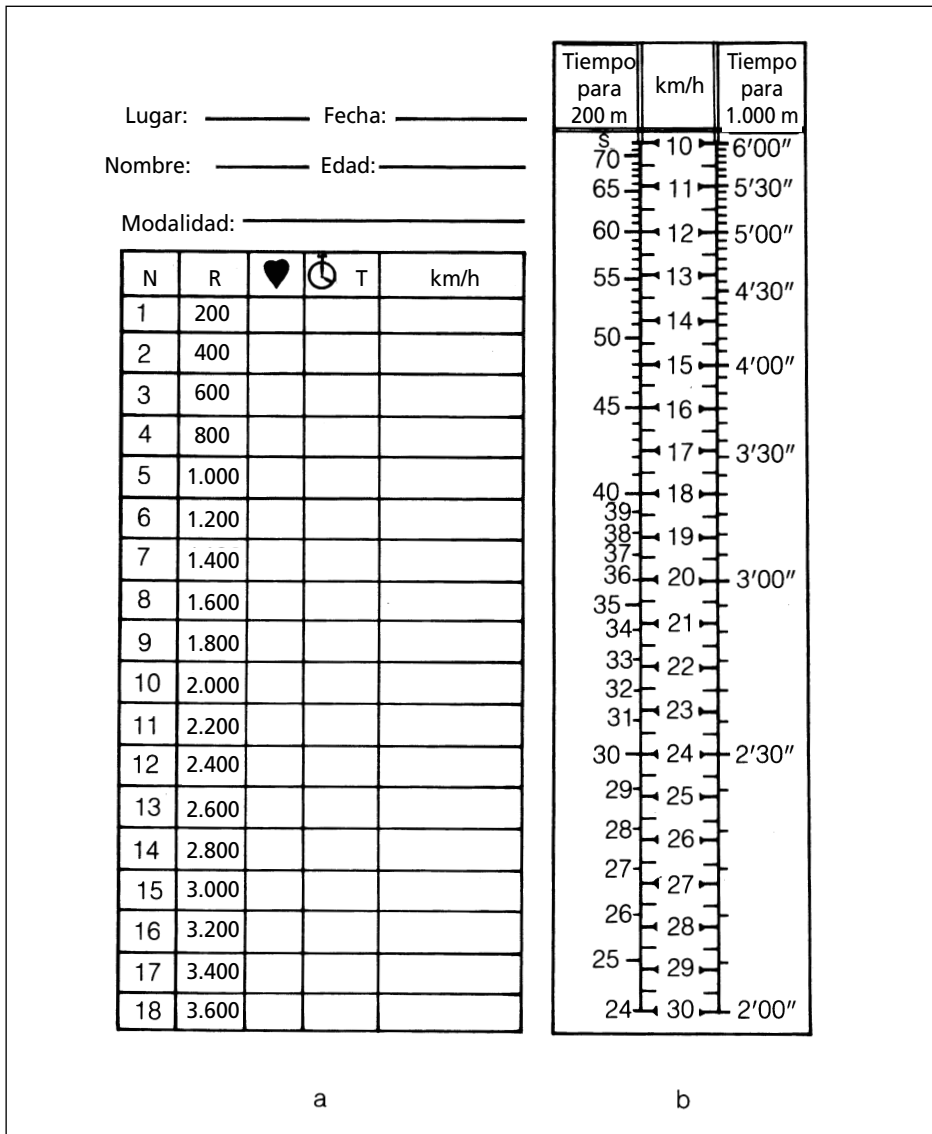


Figura 94. Modelo de acta para el test de Conconi (a) con la correspondiente tabla de conversión (b). Con ayuda de la tabla de conversión podemos deducir la velocidad de carrera (km/h) a partir del tiempo empleado para cada 200 m (tomado de Janssen, 1989, 71).

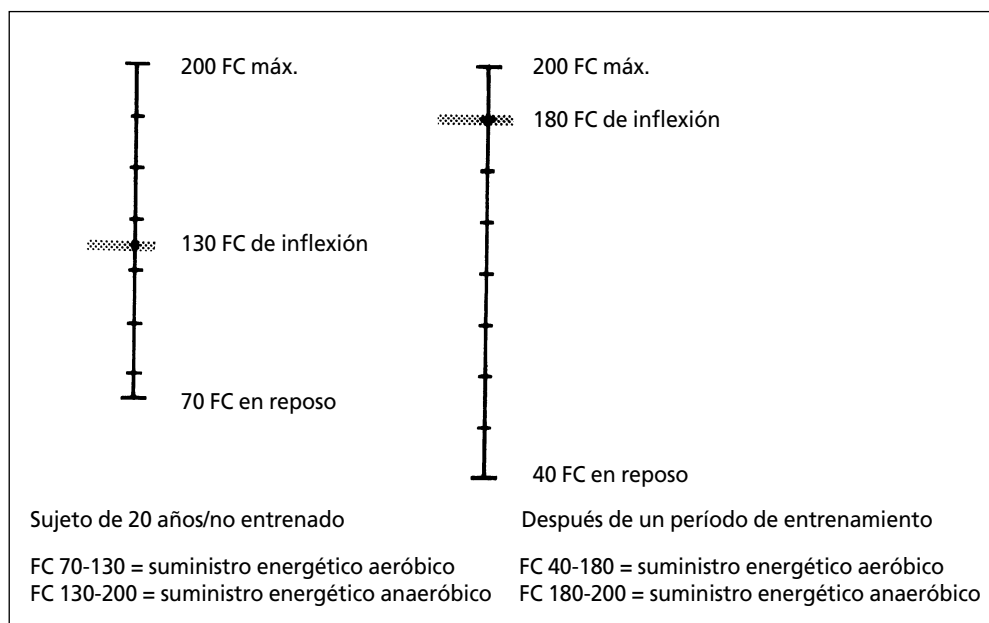


Figura 95. Modificación del punto de inflexión de una persona antes y después de un entrenamiento de resistencia (de Janssen, 1989, 21).

Por ello, antes de efectuar el test de Conconi se debe colocar señales cada 50 m por toda la pista de 400 m. Las marcas de 200 m –en las que se produce el incremento de velocidad– han de destacarse con señales especialmente visibles (banderines, varillas o similares).

Si no disponemos de cinta magnetofónica o marcapasos que se pueda conectar a un altavoz y que indique el tiempo con un pitido, podemos recurrir a una tabla de velocidades (v. tabla 26) y a un silbato: cada 50 m se da un silbido de control, en el cual el corredor/jugador tiene que encontrarse en la correspondiente marca; cada 200 m se indica el próximo aumento de velocidad, ya sea con un grito, con un silbido especial o con una señalización de la distancia. Si el entrenador no dispone de un aparato que mida la frecuencia cardíaca, almacene los datos y les dé salida a través de una impresora, tendrá que diseñar un acta de frecuencias cardíacas (fig. 94). Los jugadores/corredores que no participen en el test anotan las frecuencias cardíacas cada 200 m, y el corredor/jugador grita al “escriba”, al pasar a su lado (este último se coloca en la señal de 200 m), el valor que en ese momento le proporciona su aparato medidor de frecuencia cardíaca; estos valores serán posteriormente introducidos en el correspondiente impreso de evaluación (fig. 94). Para deducir la velocidad de carrera en cada momento se puede utilizar la tabla de conversión de la figura 94, que indica los intervalos de tiempo en los que se debe silbar después del (disparo de) inicio en cada señal de 50 m. Esta figura 94 muestra un modelo de acta para el test de Conconi con la correspondiente tabla de conversión.

Valoración del test de Conconi: problemas

El test de Conconi es especialmente adecuado para calcular la capacidad actual de rendimiento en resistencia ae-

róbica mediante el registro de la velocidad de carrera *máxima*. A través de la comparación intraindividual (recorridos de la curva registrados en el transcurso del año), las curvas de frecuencia cardíaca obtenidas nos proporcionan valiosas informaciones sobre la dinámica del desarrollo de la capacidad de rendimiento en resistencia.

Como muestran las figuras 95 y 96, el entrenamiento en resistencia provoca un desplazamiento del punto de inflexión de la frecuencia cardíaca: cuanto mejor entrenado está el corredor/jugador, mayores son los valores en los que se sitúa el punto de inflexión.

Sin embargo, el test de Conconi resulta menos adecuado para la organización del entrenamiento mediante el “umbral anaeróbico” calculado “sin el uso del análisis sanguíneo del lactato”.

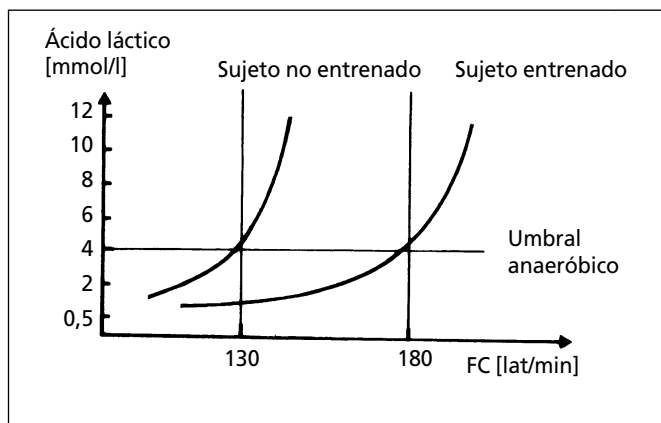


Figura 96. Curva de frecuencia cardíaca-ácido láctico en el transcurso del proceso de entrenamiento (de Janssen, 1989, 23).

Como muestran numerosos estudios, el test de Conconi no permite una organización suficientemente precisa del entrenamiento individual, pues el punto de inflexión (la desviación del recorrido de la frecuencia cardíaca, anteriormente lineal con carga creciente) no es reconocible en todos los sujetos y no suele coincidir con el umbral anaeróbico (cf. Braumann/Busse/Maassen, 1987, 25; Busse y cols., 1987, 33; Lehnertz/Martin, 1988, 6; Heck y cols., 1989, 398; Tiberi y cols., 1989, 410; Urhausen y cols., 1989, 408/409).

De acuerdo con Jakob y cols. (1988, 24), la escasa o nula linealidad del aumento del rendimiento supone un inconveniente básico: la valoración resulta errónea o imposible (fig. 97). Si el punto de inflexión no se puede determinar con precisión, el cálculo de las frecuencias cardíacas de entrenamiento puede ser erróneo; la consecuencia posible a largo plazo —sobre todo con valores elevados de frecuencia cardíaca— es una sobrecarga total del corredor/jugador. Como se entrena en todo momento con intensidades de carga excesivas, situadas más allá del “umbral anaeróbico”, se puede provocar un serio estado de sobreentrenamiento, con caída del rendimiento y disminución de la capacidad aeróbica, y ello a pesar de un duro trabajo de entrenamiento. Además, puede haber interpretaciones erróneas si el test de Conconi no se realiza siempre en las mismas condiciones.

Como muestran los estudios de Braumann/Busse/Maassen (1987, 35), Busse y cols. (1987, 33) y Lehnertz/Martin (1989, 6), la interpretación de los resultados del test de Conconi puede llevar a conclusiones diferentes y parcialmente erróneas para la práctica del entrenamiento, dependiendo de algunas variables de ejecución como realizar el test en estado de recuperación, con abundante glucógeno, o en estado de fatiga, con poco glucógeno. Por ello la realización del test requiere condiciones estandarizadas, idénticas en todo momento. Lehnertz/Martin (1988, 6) destacan la importancia de la estandarización para la validez de los resultados del test, pues los valores del umbral no sólo reflejan —como antes se aceptaba de forma casi unánime— los cambios de la capacidad de rendimiento en resistencia, sino también, y con extrema sensibilidad, los estados momentáneos de recuperación y de regeneración (cf. fig. 97).

Según los estudios de Lehnertz/Martin (1988, 9), en caso de fatiga pueden producirse pérdidas de rendimiento en torno al 7-10 %. Pueden aparecer, además, desplazamientos considerables hacia derecha e izquierda de las curvas de rendimiento de la frecuencia cardíaca, con grandes diferencias interindividuales en los puntos de umbral o de inflexión. Y se puede observar un considerable descenso en la capacidad de producción de lactato.

El umbral de Conconi podría suministrar información más aprovechable (cf. Conconi y cols., 1982, 869) en gru-

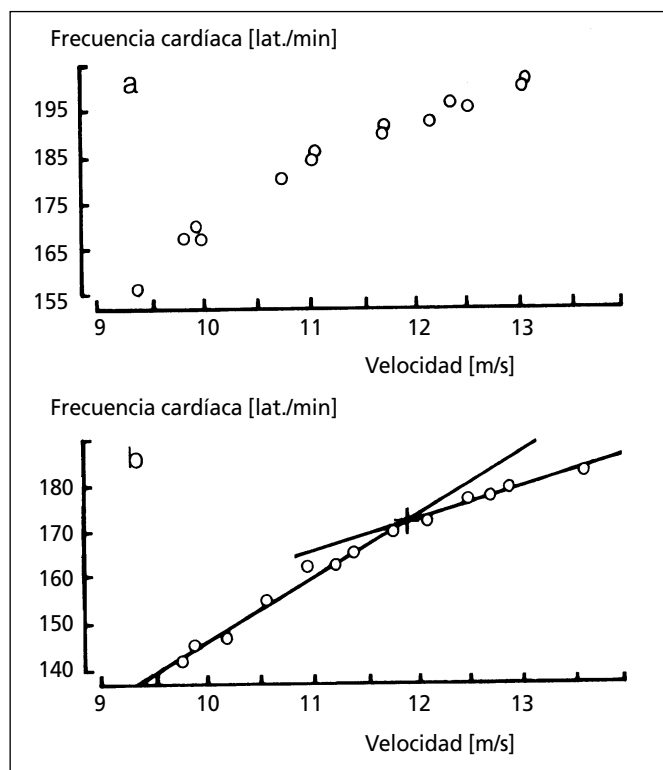


Figura 97. Resultados de campo aprovechables y no aprovechables del test de Conconi. En (a) se recoge el ejemplo de una curva no aprovechable: el corredor no consiguió aumentar su velocidad de forma casi lineal. En (b) podemos ver el ejemplo de una curva aún aprovechable; el punto de inflexión se estableció en el punto de intersección de las rectas de regresión de los tramos ascendente inclinado y plano de la curva (tomado de Jakob y cols., 1988, 25).

pos heterogéneos en cuanto a su rendimiento que en grupos homogéneos (cf. Tiberi y cols., 1989, 412; Tokmakidis y cols., 1987, 17). En los niños, el “punto de inflexión” de la frecuencia cardíaca parece indicar el “umbral anaeróbico” con mayor precisión que en los adultos.

Ballarin y cols. (1989, 334) encontraron en el test de Conconi, adaptado a niños y jóvenes y efectuado en pista cubierta y al aire libre (aumento de velocidad cada 100 m), un punto de inflexión observable de forma regular y fácil de reproducir. El “punto de inflexión” ascendía en los niños al hacerlo la capacidad de rendimiento en resistencia, y descendía después de un período de inactividad (v. fig. 98).

Según estos autores, el test parece apropiado en el ámbito infantil y juvenil para regular y evaluar la capacidad de rendimiento en resistencia en el transcurso del proceso de entrenamiento (cf. también Geisl y cols., 1987, 47).

Consideraciones finales, a modo de resumen, sobre el test de Conconi

Desde el punto de vista deportivo-médico, el test de Conconi puede proporcionar un gran número de informa-

ciones útiles, pero no puede sustituir al diagnóstico del lactato para determinar el umbral anaeróbico (v. pág. 199 s.; cf. Heck y cols., 1989, 401; Tiberi y cols., 1989, 410; Urhausen y cols., 1989, 409).

No obstante, los entrenadores sostienen –de forma creíble– que, después de un entrenamiento regulado mediante el umbral de Conconi, algunos atletas han mejorado notoriamente su resistencia aeróbica general; el hecho puede tener varias explicaciones, a saber:

- El atleta entrena casualmente en el ámbito de carga favorable desde el punto de vista metabólico (principio estadístico de la casualidad).
- Dada la escasa objetividad del test de Conconi, hay una amplia libertad para determinar el punto de inflexión de la frecuencia cardíaca. Un entrenador que conozca la capacidad de rendimiento de su atleta buscará y normalmente encontrará el punto de inflexión en el ámbito en que lo espera. De esta forma se reduce la probabilidad de que la carga resulte demasiado escasa o intensa.
- Si el entrenamiento se regula mediante la frecuencia cardíaca, y si el número de latidos del corazón tiene que mantenerse constante, la carga tiene que ir reduciéndose con el tiempo, pues en el ámbito del umbral de Conconi la carga se encuentra por encima del límite del rendimiento continuo de la frecuencia cardíaca (cf. Heck y cols., 1989, 398).

Consecuencias para la práctica del entrenamiento

Para no sacar del test de Conconi consecuencias erróneas para el entrenamiento, los valores de umbral tienen que registrarse con toda exactitud. Para ello se necesita estandarizar las condiciones del test (entrenamiento y nutrición), pues los valores de umbral reaccionan de forma sensible ante la fatiga y la regeneración. Además, el test de Conconi debería combinarse, si es posible, con otro procedimiento, como, por ejemplo, el diagnóstico del lactato.

Una organización adecuada del entrenamiento de la resistencia mediante el comportamiento de la frecuencia cardíaca no parece posible más que en casos puntuales, concretamente cuando dicho comportamiento es conocido por estar sometido a examen regular, junto con las intensidades de carga, mediante controles del lactato en el entrenamiento.

Aún siendo cuestionable la validez del test de Conconi para calcular el “umbral anaeróbico”, el registro de la frecuencia cardíaca en el sentido de Conconi proporciona informaciones valiosas sobre el estado de entrena-

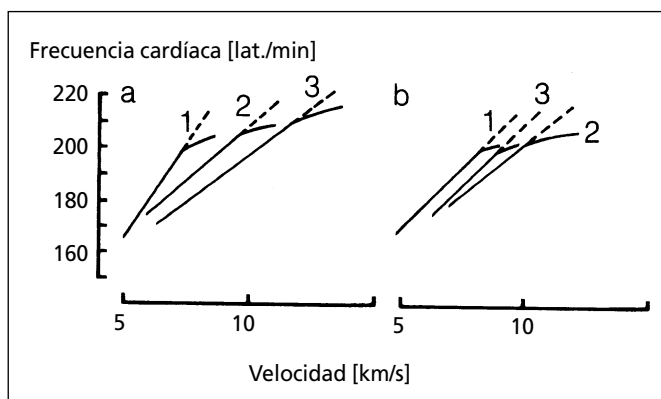


Figura 98. Cambio de la relación frecuencia cardíaca/velocidad de carrera en diferentes momentos del proceso de entrenamiento de dos niños (1 = octubre de 1986; 2 = febrero de 1987; 3 = mayo de 1987). El 3º test del niño B se realizó después de 40 días de inactividad debido a una fractura en la pierna (de Ballarin y cols., 1989, 338).

miento y la mejora de la capacidad de rendimiento en resistencia si comparamos los valores de un único deportista en el transcurso del proceso de entrenamiento: cuanto mejor es la capacidad de rendimiento en resistencia, menor es la frecuencia cardíaca (como expresión global de la carga individual) necesaria para conseguir una determinada velocidad de carrera (cf. también Monkiewicz/Kosendiak, 1989, 45).

4. Tests del lactato como criterio de la capacidad de rendimiento en resistencia y como herramienta para el diagnóstico del rendimiento y para la organización del entrenamiento

a) Análisis del lactato incorporando cargas de carrera

Como ya hemos indicado al tratar del test de Cooper (v. pág. 172), las mediciones del lactato son una excelente herramienta para calcular el grado de agotamiento y para determinar la capacidad de rendimiento en resistencia en comparación transversal (interindividual) o longitudinal (intraindividual y temporal).

Para evaluar el grado de agotamiento durante el registro de los valores del lactato se siguen los siguientes criterios de Mader y cols., (1976, 109):

Una concentración de lactato de 6,0-8,0 mmol/l al final del test indica que el atleta no se vio sometido a agotamiento. Un grado medio de agotamiento presenta un nivel de lactato de 8,0-12,0 mmol/l; uno elevado, de 12,0-16,0 mmol/l, y uno muy elevado, valores superiores a 16 mmol/l.

Con un rendimiento comparable, el nivel de lactato debido a carga nos permite evaluar bastante bien la capacidad de resistencia en el momento.

Para calcular la cinética del lactato individual, varios grupos de trabajo han desarrollado diferentes métodos de registro, que han producido resultados similares pero no idénticos (cf. Keul y cols., 1979; Simon y cols., 1979; Keul y cols., 1980; Pessenhofer y cols., 1981; Simon y cols., 1981; Stegmann y cols., 1981; Schmid y cols., 1983). Sin embargo, todos ellos reflejan las siguientes conclusiones (cf. Schmid y cols., 1983, 370):

- Al aumentar la capacidad de rendimiento en resistencia, el ascenso del lactato con carga progresiva se produce en un momento más tardío.
- Al mejorar la capacidad de rendimiento en resistencia, disminuye el valor absoluto de lactato en el momento del punto de inflexión: el descenso del nivel de lactato va acompañado de un elevado porcentaje de suministro energético aeróbico, lo cual es asimismo indicio de una elevada capacidad de rendimiento en resistencia.

Como se puede ver en las figuras 99 y 100, la tasa de producción de lactato como expresión de fatiga muscular desciende con una mejora progresiva del estado de entrenamiento y con una carga idéntica. La figura 100 muestra

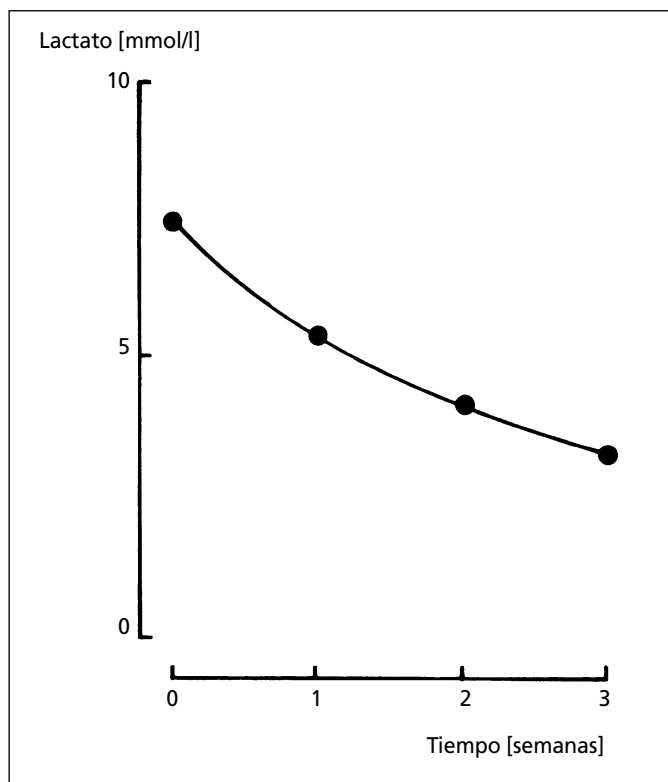


Figura 99. Caída continua del lactato al mejorar progresivamente el estado de entrenamiento, con carga idéntica. Las mediciones se efectúan cada semana (de Gaesser/Poole, 1988, 285).

que los deportistas mejor entrenados en resistencia presentan, con niveles de lactato comparables, velocidades de carrera en la cinta ergométrica mayores que las de individuos peor entrenados.

b) Mediciones del lactato para calcular el “umbral anaeróbico”

Para calcular la capacidad de rendimiento en resistencia de los deportistas, el umbral anaeróbico situado en 4 mmol de lactato por litro, esto es, el umbral anaeróbico individual, supone una magnitud importante.

El umbral anaeróbico es un criterio objetivo para evaluar la resistencia aeróbica, tanto en comparación transversal como longitudinal (cf. Kindermann, citado en Flöthner/Hort, 1983, 28).

Cuanto más alto se sitúe el umbral anaeróbico, y por tanto la resistencia aeróbica, mayor será la velocidad media que se puede mantener durante un período de tiempo prolongado (cf. Schnabel/Kindermann/Schmitt, 1981, 11).

La determinación del umbral anaeróbico no sólo interesa como diagnóstico (cálculo de la capacidad momentánea

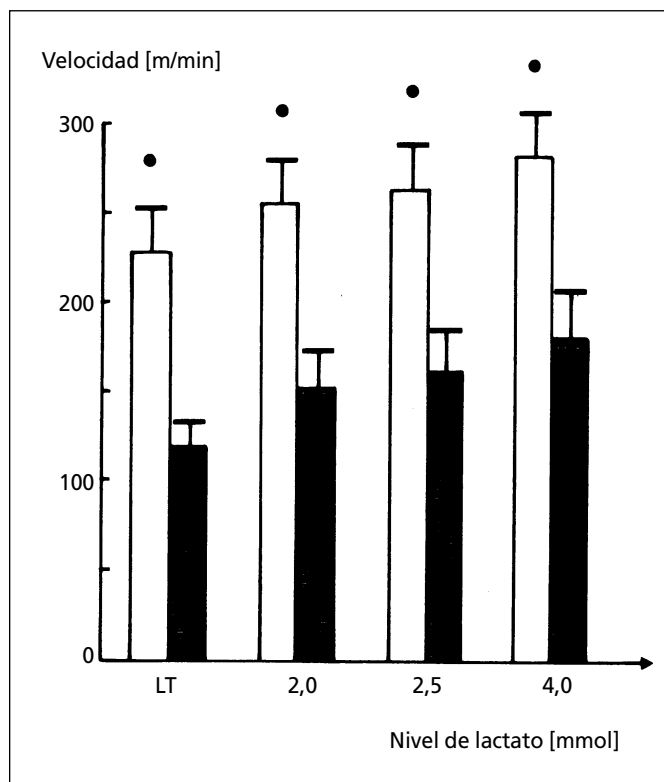


Figura 100. Velocidades en cinta rodante de personas entrenadas en resistencia (columna blanca) y no entrenadas (columna sombreada), con diferentes umbrales de carga-lactato (de Seip y cols., 1991, 83).

nea de rendimiento en resistencia), sino que puede servir como criterio de organización del entrenamiento (elección de una intensidad de entrenamiento óptima). En principio, dependiendo de los objetivos planteados y del momento en el proceso de entrenamiento, se trabaja en el ámbito de la frecuencia cardíaca óptima individual. La frecuencia cardíaca en el ámbito del umbral anaeróbico se sitúa, en individuos de entre 20 y 30 años, en torno a los 170 latidos/min, y en los niños en torno a los 190; este umbral se considera especialmente eficaz para la mejora de la capacidad de rendimiento en resistencia.

Sin embargo, el ajuste de la intensidad de entrenamiento óptima mediante el análisis del lactato es extremadamente problemático, como se puede ver en los estudios de Heck/Roskopf (1993, 344 s.).

El criterio, postulado por Mader y cols., (1976, 80 s. y 109 s.), de efectuar entrenamiento de carrera continua *extensivo* por debajo del umbral anaeróbico, *intensivo* en el ámbito de dicho umbral y cargas de carrera intensas –con acidosis metabólica entre media y alta– por encima de éste planteó problemas considerables; se pudo observar que sólo los deportistas con capacidad escasa o media de rendimiento en resistencia toleraban estas indicaciones. Para los atletas con una elevada capacidad de rendimiento en resistencia, como corredores de maratón, la carga resultaba excesiva. Heck/Roskopf (1993, 351) recomiendan, por tanto, abandonar todos los esquemas de umbral –también los del “umbral individual”– en relación con la organización del entrenamiento. No obstante, estos autores siguen considerando el análisis del lactato una herramienta excelente para controlar la eficacia del entrenamiento de resistencia efectuado en cada momento. En este sentido, un desplazamiento hacia la derecha de la curva del lactato (v. fig. 103) significaría una mejora de la resistencia de base, y un desplazamiento hacia la izquierda, una pérdida (v. fig. 105).

Por el contrario, en el entrenamiento de la “capacidad de aguante” (capacidad de rendimiento anaeróbica y/o capacidad anaeróbica) el valor máximo de las cargas posteriores debería ascender, con la posibilidad de un desplazamiento hacia la izquierda (cf. Heck/Roskopf, 1993, 351).

Para cuantificar la capacidad de rendimiento en resistencia en la comparación longitudinal y transversal, se puede recurrir al valor máximo de lactato conseguido y a los rendimientos con valores de lactato definidos, por ejemplo, 2, 3, 5 o 6 mmol/l, cf. Heck/Roskopf (1993, 352).

En el marco de la organización del entrenamiento, se podría ajustar la carga a una determinada situación metabólica con la ayuda de mediciones del lactato y al margen de esquemas de umbral. La ciencia del entrenamiento y la

medicina del deporte deben determinar qué volúmenes e intensidades –referidos al lactato– producen unas condiciones de entrenamiento óptimas.

La ventaja de la determinación del umbral anaeróbico radica, entre otros factores, en la irrelevancia de la motivación o del grado de agotamiento, al contrario de lo que sucede en otros tests (p. ej., test de Cooper o tests para calcular el consumo máximo de oxígeno; cf. Kindermann, citado en Flöthner/Hort, 1983, 26; Jakob y cols., 1988, 23).

La figura 101 muestra, tomando el ejemplo de jugadores de fútbol jóvenes y adultos, el comportamiento del lactato y de la frecuencia cardíaca con intensidad de carga creciente.

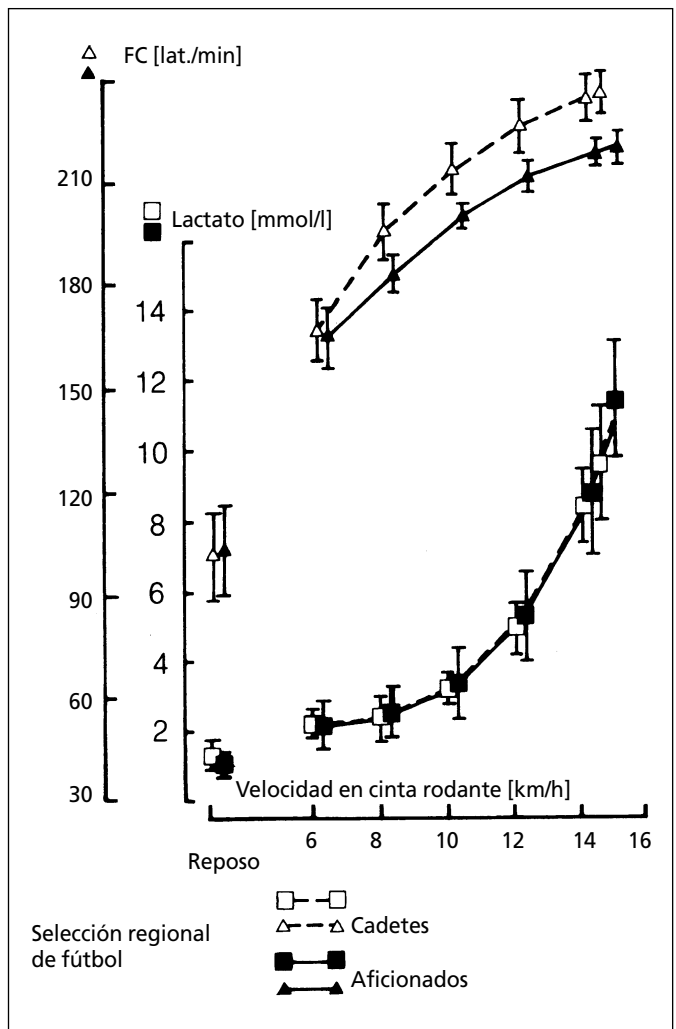


Figura 101. Comportamiento del lactato y la frecuencia cardíaca en futbolistas jóvenes y adultos, con carga en cinta rodante en ascenso escalonado (de Kindermann, citado en Hort/Flöthner, 1983, 28).

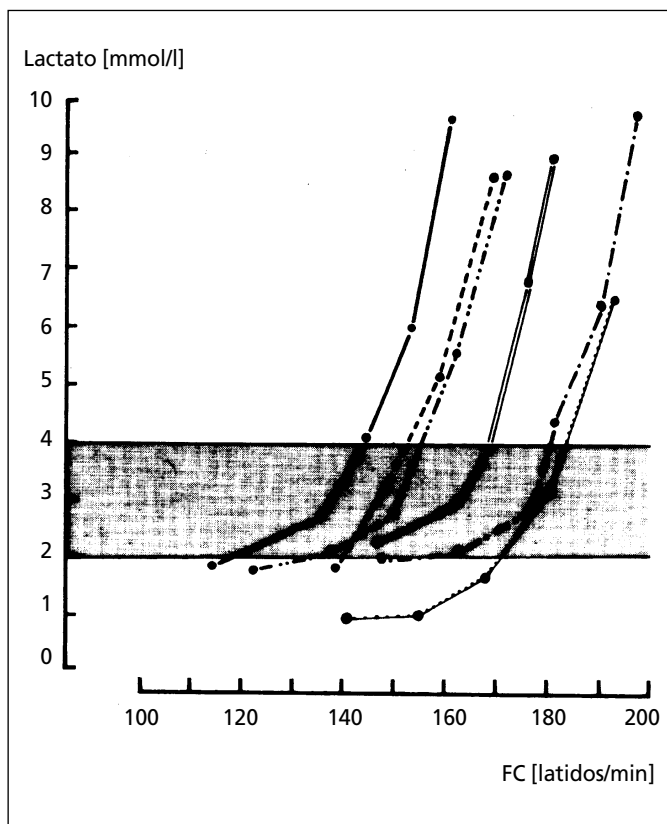


Figura 102. Curvas de lactato de diferentes deportistas en un estado de entrenamiento comparable (de Janssen, 1989, 49).

Dentro de un estudio de orientación transversal –p. ej., para la comparación de un determinado grupo de corredores o de un equipo de jugadores– se puede calcular con relativa exactitud la resistencia aeróbica de cada deportista averiguando el umbral aeróbico, sin necesidad de provocar un agotamiento máximo con sus correspondientes secuelas psíquicas. Con una orientación longitudinal se puede controlar, y en caso de necesidad corregir, la eficacia de los métodos y contenidos aplicados para la mejora de la resistencia aeróbica. Dado que el recorrido de la curva del lactato puede ser muy diferente en deportistas/jugadores de similar capacidad de rendimiento en resistencia (fig. 102), la organización del entrenamiento debe plantearse el cálculo individual para cada deportista.

c) Evaluación de las curvas de lactato

Al mejorar la capacidad de rendimiento en resistencia se produce un desplazamiento hacia la derecha de la curva del lactato (fig. 103). La inflexión de la curva en deportistas entrenados tiene lugar más tarde y con niveles de lactato más bajos en comparación con los deportistas menos entrenados (cf. Schmid y cols., 1984, 16; Braumann/Busse/Maassen, 1987, 38; Gerisch/Rutemöller/Weber, 1988, 65).

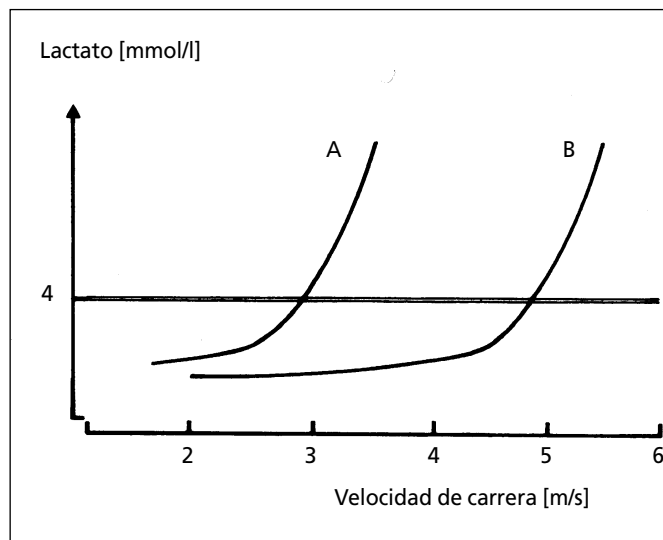


Figura 103. Influencia del entrenamiento de resistencia sobre la curva de lactato: las curvas A y B son del mismo atleta; la curva A, al inicio de un período de entrenamiento, y la curva B, después de un período de entrenamiento de 3 meses. Conclusión: la velocidad de carrera con 4 mmol de lactato ha aumentado. Curva A: 3 m/s; curva B: 5 m/s. La curva se ha desplazado hacia la derecha. La capacidad de rendimiento aeróbica ha aumentado claramente (de Janssen, 1989, 47).

Importante. A diferencia de los deportistas de resistencia “puros”, en deportistas-jugadores no se busca un desarrollo excesivo de la capacidad de rendimiento en resistencia. Por lo general basta con desarrollar una resistencia de base suficiente.

Para los jugadores no tiene sentido aumentar más allá de un nivel medio la capacidad de resistencia aeróbica, con un número excesivo de sesiones de entrenamiento de carrera continua y con volúmenes de carrera excesivos (no se debería sobrepasar los 30-45 minutos), pues corren el riesgo de restringir la velocidad y la fuerza como componentes esenciales en el juego (cf. Hollmann y cols., 1981, 113; Kindermann, 1984, 69; Roth y cols., 1981, 326; Föhrenbach, 1991, 144).

Como se puede ver en la tabla 27, una velocidad de carrera de 4 m/s (unos 14,4 km/h) en un “no especialista en resistencia” corresponde a un estado de entrenamiento excelente, suficiente para las necesidades de los jugadores.

La tabla 28 muestra que la “velocidad óptima” estimada para los jugadores en el ámbito del umbral anaeróbico no se puede comparar con las exigencias planteadas a un especialista en resistencia en atletismo.

d) Factores que condicionan la cinética del lactato y, en consecuencia, su valor informativo

El valor informativo de los valores de lactato registrados, esto es, del “umbral anaeróbico”, y de la velocidad de

Cifras orientativas		Estado de rendimiento
3,0 ± 0,5 m/s	=	Valor normal en varones no entrenados en resistencia
3,5–4,0 m/s	=	Entrenamiento en resistencia escaso
4,0–4,7 m/s	=	Entrenamiento en resistencia medio: ámbito óptimo para el jugador
4,8–5,2 m/s	=	Bien entrenado en resistencia
5,3–5,6 m/s	=	Deportista de elite

Tabla 27. Estado de entrenamiento (en relación con la capacidad de rendimiento en resistencia) expresado mediante la velocidad en carrera (km/h) en el ámbito del umbral anaeróbico (de Janssen, 1989, 72)

Estado de entrenamiento	Velocidad de carrera [km/h] en el ámbito del umbral anaeróbico (4 mmol/l de lactato)
Muy malo	9,0
Malo	10,0
Suficiente	12,0
Excelente	14,0 (ámbito óptimo para el jugador)
Campeón suizo de maratón	19,0
<i>Recordman</i> mundial de maratón	23,6

Tabla 28. Cifras orientativas de velocidades de carrera cerca del umbral anaeróbico para estimar la capacidad de rendimiento en resistencia (datos de Rost/Hollmann, 1982, 124)

carrera asociada a éstos depende de una serie de factores, tal como ocurría en el test de Conconi.

Régimen de entrenamiento

Como muestran los estudios de Lehnertz (1985, 51) y Dotan y cols., (1989, 346), para evaluar la capacidad de rendimiento en el ámbito del umbral anaeróbico se necesita una información exacta sobre el régimen de entrenamiento previo, pues la capacidad de rendimiento creciente produce un desplazamiento hacia la derecha de los valores de umbral y un marcado agotamiento del glucógeno de los músculos activos. Las diferentes modalidades de entrenamiento (distintas duraciones, intensidades y repeticiones del entrenamiento) producen divergencias en cuanto al agotamiento del glucógeno de los músculos que trabajan (cf. Costill y cols., 1971, 834; Costill y cols., 1971, 353; Hermansen/Hultman/Saltin, 1967, 129). El agotamiento del glucógeno muscular produce un desplazamiento hacia la derecha del umbral anaeróbico; aquí es irrelevante el hecho de que la disminución de las reservas de glucógeno se

produzca como consecuencia del entrenamiento, de la nutrición o de ambos factores.

Un entrenamiento de carrera intenso y repetido (duración entre 60 y 90 minutos), después de una recuperación incompleta (tiempo de descanso entre 12 y 24 horas), produce una elevación del umbral anaeróbico (fig. 104a).

El ascenso del umbral anaeróbico se debe a que la pérdida de las reservas de glucógeno a nivel muscular no permite alcanzar valores de lactato máximos. Como compensación se produce un aumento del metabolismo de los lípidos. Así pues, los lípidos desempeñan un papel importante como fuente de energía en la fase de descenso de la fatiga (cf. también Covle y cols., 1986, 165, y Hughes/Turner/Brooks, 1982, 1598). Los estudios de Costill y cols. (1971, 834) muestran igualmente que, con cargas de resistencia intensas en 3 días seguidos, el agotamiento del glucógeno muscular alcanza una tasa del 80 %, y va unido a una fatiga general creciente (cf. Hermansen/Hultman/Saltin, 1967, 129; Jacobs/Kaiser/Tesch, 1981, 47). Hemos de destacar, no obstante, que las cargas de entrenamiento intensas no agotan a los deportistas mejor entrenados en re-

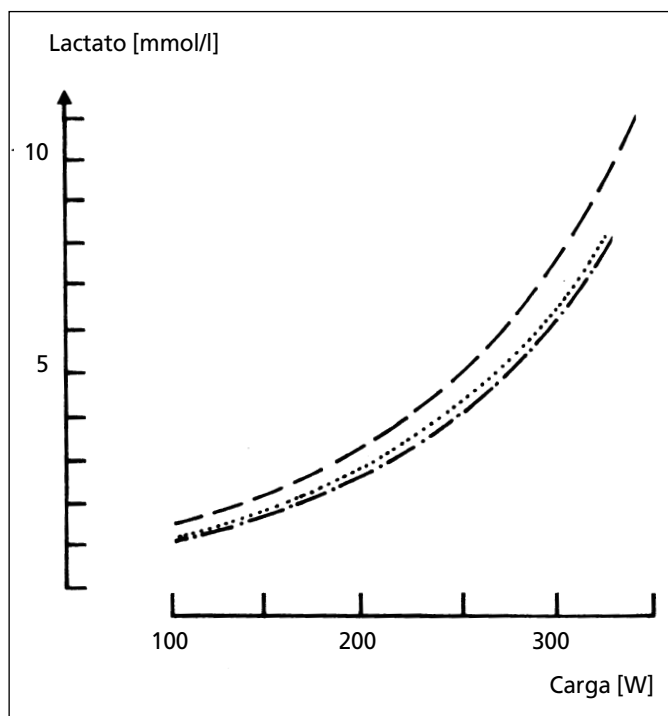


Figura 104a. Representación de la curva de rendimiento del lactato en situación de agotamiento después de 3 días seguidos (trazo de guiones = 1^{er} día; trazo de puntos = 2^º día; trazo de guiones y puntos = 3^{er} día), con un tiempo de recuperación insuficiente (de Fric y cols., 1989, 11).

sistencia tanto como a los peor entrenados (cf. Dotan/Rotshtein/Grodjinovsky, 1989, 346).

El fenómeno del aplanamiento y el desplazamiento hacia la derecha de la curva del lactato a la hora de determinar el umbral anaeróbico, fenómeno interpretado hasta ahora sólo en el sentido de una mejora del estado de entrenamiento (cf. fig. 104a), puede dar lugar, si hay escasez de glucógeno (estado análogo al posterior a un entrenamiento o a una competición intensos; estado de sobreentrenamiento), a interpretaciones y medidas de entrenamiento erróneas; los valores bajos de lactato en sangre y de frecuencia cardíaca pueden simular una mejora del estado de entrenamiento, o bien sugerir una menor disposición al rendimiento como causa del descenso de los valores de interrupción y de los valores máximos (cf. Busse y cols., 1987, 35 y 36).

Nivel de las reservas intramusculares de glucógeno

Los estudios de Ivy y cols., (1981, 139), Yoshida (1984, 200), Gollnick y cols., (1986, 334), Braumann y cols., (1987, 37) y Busse y cols., (1987, 36) muestran que la producción de lactato depende en una medida considerable de la cantidad de glucógeno almacenado en el músculo: unas

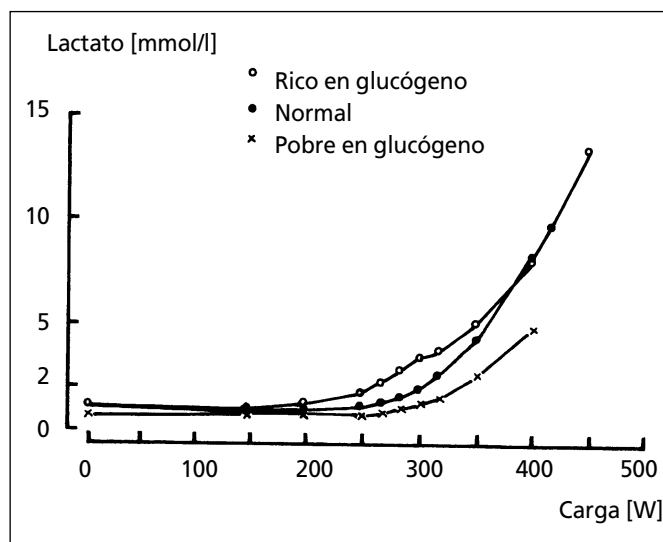


Figura 104b. Influencia de las diferentes reservas de glucógeno sobre la forma y la situación de la curva de rendimiento del lactato (de Braumann/Busse/Maassen, 1987, 37).

reservas abundantes de glucógeno inducen un consumo elevado de éste; a su vez, un metabolismo intenso del glucógeno produce valores mayores de lactato en sangre (fig. 104 b).

Para evaluar el comportamiento del lactato hemos de tener en cuenta, pues, no sólo el estado de entrenamiento, sino también la situación momentánea del glucógeno muscular. Inversamente, se puede determinar con relativa sencillez, según Busse y cols. (1987, 35), el nivel de glucógeno en las reservas musculares mediante la representación gráfica de la curva del lactato con el llamado test rápido del glucógeno; este dato puede suponer una ayuda para la preparación de la competición y para la organización del entrenamiento, por ejemplo, para reconocer y evitar un estado de sobreentrenamiento.

La concentración de lactato con rendimiento medio y alto puede entenderse como criterio cualitativo de la concentración de glucógeno en el músculo (Busse y cols., 1987, 35).

Nutrición

Los estudios realizados por Fröhlich/Urhausen/Kindermann (1989, 18), Fröhlich y cols. (1989, 323) y Busse y cols. (1989, 325) dan a entender que la abundancia o la escasez de hidratos de carbono en la nutrición ejerce una influencia sobre el umbral anaeróbico (fig. 105).

Con una nutrición pobre en glucógeno se produce una pérdida de la capacidad de rendimiento. Dicha pérdida se explica por las restricciones en el suministro energético

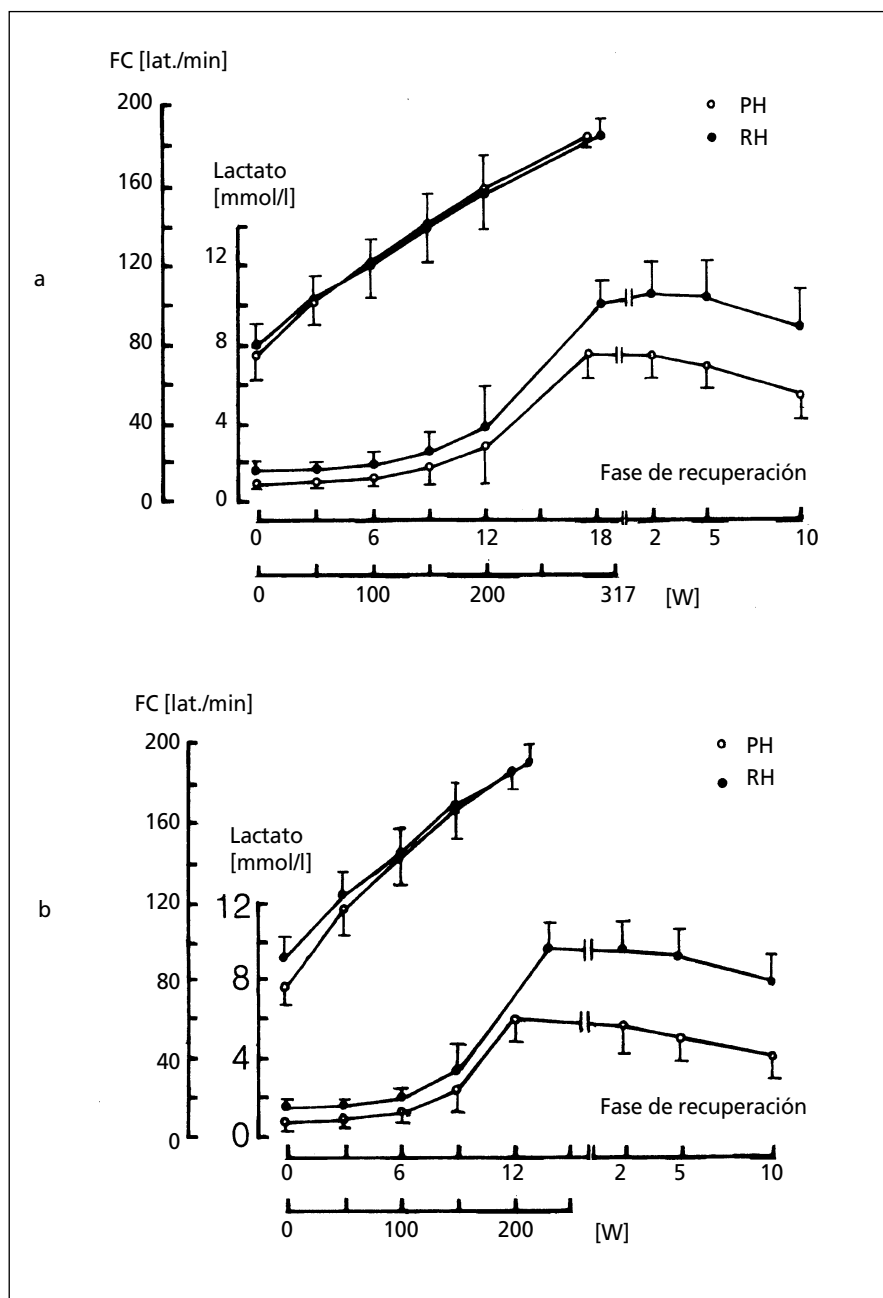


Figura 105. Lactato y frecuencia cardíaca (FC) de sujetos de sexo masculino (a) y femenino (b) en reposo, durante y después de la carga, con nutrición pobre (PH) y rica en hidratos de carbono (RH) (de Fröhlich/Urhausen/Kindermann, 1989, 19).

láctico y por una mayor combustión de ácidos grasos libres (AGL) en reposo y en situación de carga con niveles de lactato bajos y cociente respiratorio (CR) bajo. El CR describe la relación entre O_2 y CO_2 , que se sitúa en valores de 1 con combustión pura de azúcar y de 0,7 con combustión pura de lípidos.

Como consecuencia de la menor producción de lactato muscular, se produce aparentemente un desplazamiento hacia la derecha de la curva de rendimiento del lactato, circunstancia que puede inducir a aplicar medidas de entrenamiento erróneas, pues se sobrevalora la capacidad de rendimiento en resistencia.

Tipo de realización

Para determinar el umbral anaeróbico, el tipo de carga ejerce también su influencia sobre los resultados del test. El umbral desciende cuando la carga se efectúa sobre una bicicleta ergométrica en lugar de en la cinta rodante (cf. Bueno, 1990, 14).

También se producen resultados discrepantes cuando se efectúa un test de carga ascendente con secciones de entre 3 y 4 minutos de duración; la curva de rendimiento del lactato varía en este caso en función de la carga inicial, de la duración de las secciones (cuanto más larga sea cada una de ellas, tanto menor será el umbral), de las pausas es-

tablecidas, del ángulo de inclinación, etc. (cf. Heck/Hollmann, 1984, 78).

Conclusión a modo de resumen sobre los métodos de determinación del lactato

A pesar de las múltiples dificultades de interpretación y de las posibles fuentes de errores e inseguridades, los procedimientos para determinar el lactato y calcular el “umbral anaeróbico” constituyen un instrumental enormemente importante para el cálculo de la capacidad de rendimiento en resistencia y para la organización del entrenamiento (cf. Bueno, 1990, 16). Sin embargo, los valores registrados deberían interpretarse siempre con cautela y obtenerse en condiciones marco comparables en todo momento o estandarizadas.

5. Determinación de la capacidad de consumo máximo de oxígeno

El consumo máximo de oxígeno, como parámetro global cardiocirculatorio y metabólico, se considera *criterio bruto de la capacidad de rendimiento aeróbica máxima*. Los atletas muy entrenados en resistencia son capaces de soportar los rendimientos en el ámbito de su consumo máximo de oxígeno como mucho durante 15-25 minutos (cf. Di Prampero, 1986).

La figura 106 muestra el nivel del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) en deportistas de diferentes disciplinas.

Para calcular la capacidad de consumo máximo de oxígeno hemos de tener en cuenta que la bicicleta ergométrica (la más utilizada en el pasado) produce valores un 5-10 % menores que la cinta rodante, más específica (y la más usada en la actualidad; cf. Hollmann y cols., 1980).

Los atletas en la elite de la resistencia presentan un consumo máximo de oxígeno de 85 ml/kg; los sujetos no entrenados con modos de vida predominantemente sedentarios, unos 44 ml, y los deportistas en modalidades de juego, en torno a los 60 ml (cf. Paina y cols., 1988, 162; Åstrand/Rodahl 1970).

Como ya hemos mencionado, el objetivo de desarrollar un buen grado de resistencia de base no supone para los jugadores alcanzar la capacidad de rendimiento aeróbica, expresada mediante el consumo máximo de oxígeno, de, por ejemplo, un atleta de la media distancia, pues un desarrollo extremo de la capacidad de rendimiento en resistencia supone un obstáculo para la capacidad anaeróbica y reduce por tanto el arranque explosivo necesario en el juego (cf. también Dickhut y cols., 1981, 151; Hollmann y cols., 1981, 118).

Como *resumen* podemos afirmar que el cálculo del consumo máximo de oxígeno relativo permite evaluar con un alto grado de fiabilidad la capacidad individual de rendimiento en resistencia. No obstante, el VO_2 máx. relativo no se considera ya, como antes, la magnitud decisiva para evaluar la capacidad de rendimiento aeróbica. Hoy se toma como criterio más fiable el “umbral anaeróbico” ya descrito (v. pág. 182) y la correspondiente velocidad de carrera. Aun así, todo entrenador con aspiraciones de conocimiento teórico debería estar familiarizado con los valores normales del VO_2 máx., esto es, los valores de los futbolistas más o menos, pues aparecen con frecuencia en la literatura especializada.

En el marco de este libro renunciamos a exponer otros procedimientos de control utilizados en la práctica deportiva para el diagnóstico del rendimiento.

A continuación trataremos brevemente, a modo de conclusión, las exigencias que se plantean a los procedimientos de control y de test en el marco de la resistencia específica.

Procedimientos de control y de test para el cálculo de la resistencia específica

Como criterios de calidad de los tests de resistencia específica podemos mencionar los siguientes (cf. Nabatnikova, 1974, 55):

- Las cargas de los ejercicios del test tienen que corresponder en sus características esenciales al ejercicio de competición.
- Los ejercicios del test tienen que ser apropiados para su realización durante las diferentes etapas del entrenamiento.
- Los cambios en los resultados de los ejercicios del test tienen que corresponder a la dinámica de los rendimientos de competición.

Disponemos de los siguientes procedimientos para determinar la resistencia específica (cf. Nabatnikova, 1974, 49; Kosmin/Ovtschinnikov, 1975, 881):

- Competiciones de test y de consolidación
- Tests con tiempos de carga inferiores al tiempo de competición, efectuados con la intensidad máxima posible.
- Tests con tiempos de carga superiores al tiempo de competición, efectuados con la intensidad máxima posible.
- Cargas repetidas con duración determinada y pausas de recuperación estrictamente limitadas (constantes, crecientes o decrecientes).
- Cargas combinadas de volumen y de intensidad, con cambio de velocidad.

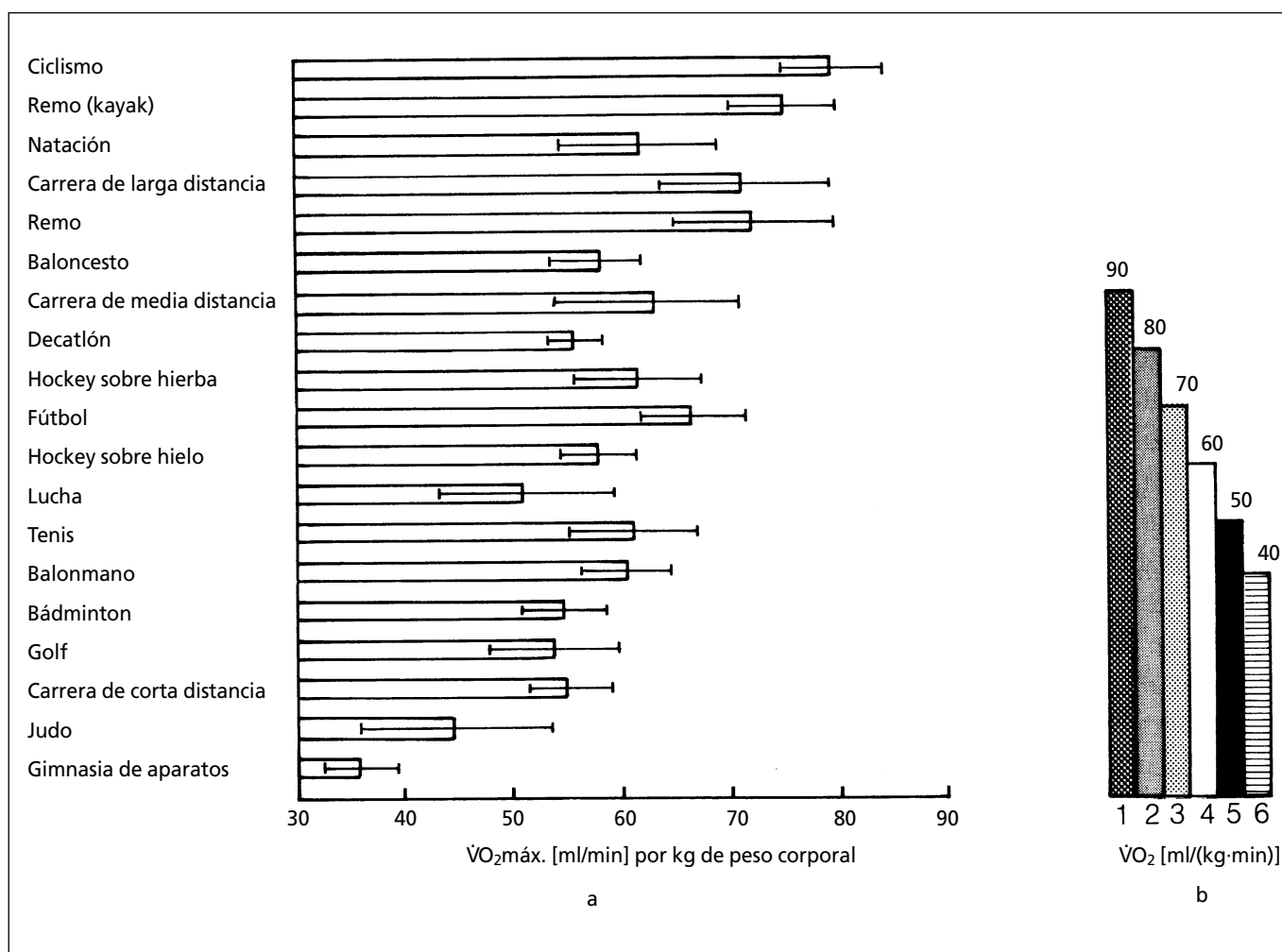


Figura 106. a) Capacidad de rendimiento en resistencia de deportistas en diferentes disciplinas (los cinco de mayor capacidad en cada grupo), expresada mediante la capacidad de consumo máximo de oxígeno (VO₂máx.) por kg de peso corporal (ml/min) (de Hollmann/Heck, cit. en Hollmann/Hettinger, 1980, 374). b) VO₂máx. en deportistas de diferentes modalidades de resistencia y de diferente grado de entrenamiento: 1 = esquiadores de fondo, 2 = corredores fondistas, 3 = patinadores sobre hielo, 4 = futbolistas, 5 = esprinters, 6 = sujetos no entrenados (de Bosco, 1990, 48).

Tiene que recorrerse una determinada distancia con ritmo establecido, regular y elevado (p. ej., 400 m en 70,3 s), intercalando a intervalos de tiempo regulares secciones que se han de correr con velocidad máxima (p. ej., después de cada 400 m se corren 100 m al esprint controlando el tiempo).

Para las modalidades de juego, cf. Weineck (1992, 161 s.)

Periodización del entrenamiento de resistencia

Los rendimientos de elite en el ámbito de la resistencia (como en otros campos) requieren el conocimiento y la observación de los procesos de adaptación.

Muchos deportistas son incapaces de conseguir sus mejores rendimientos en el momento previsto de la temporada como consecuencia de errores en el desarrollo de la forma deportiva y en la periodización.

En el entrenamiento de la resistencia se puede demostrar la necesidad de entre 4 y 6 semanas de trabajo para consolidar a alto nivel los correspondientes fundamentos de rendimiento estructurales y funcionales (cf. Neumann, 1994, 50). Posteriormente se necesita un aumento de la carga.

En la periodización del entrenamiento de la resistencia (v. pág. 57) distinguimos una periodización sencilla (pre-temporada [PR]: 7-8 meses; período de competición [PC]: 4-5 meses; período de transición [PT]: 1 mes) y una perio-

dización doble (1ª PR: 3-4 meses; 1º PC: 1-2 meses; PT breve o inexistente; a continuación 2ª PR y 2º PC). Esta última periodización presenta, según Harre (1979, 171), las siguientes ventajas en el ámbito de la resistencia:

- Se consigue un cambio rápido pasando del entrenamiento de base intenso al entrenamiento de competición intenso (se evita la monotonía).
- Los procesos de adaptación se estimulan de forma más continua y marcada en comparación con una pretemporada muy larga, durante la cual el efecto de unas cargas relativamente similares se va debilitando progresivamente.
- El cambio de las características de la carga proporciona un mayor grado de amenidad al deportista de resistencia, influyendo de forma positiva sobre su disposición al trabajo en el entrenamiento.

Se consideran desventajas de la periodización doble:

- La fase acelerada de la consolidación del rendimiento no siempre consigue estabilizar de forma suficiente la capacidad de rendimiento en resistencia y las adaptaciones que sirven de base a dicha capacidad.
- Después de conseguir un nivel de rendimiento elevado, las pretemporadas breves no sirven a largo plazo para ampliar los fundamentos necesarios para los futuros aumentos del rendimiento.
- La periodización sencilla es la única que garantiza, sobre todo en la edad infantil y juvenil, una consolidación minuciosa de las condiciones de rendimiento básicas; aquí la motivación para el entrenamiento debería estimularse de forma continua mediante competiciones a lo largo de todo el año, integradas en el entrenamiento.

En el período de consolidación del rendimiento a largo plazo, la alternancia planificada entre ciclos periódicos de medio año y de un año puede prevenir un estancamiento precoz del rendimiento (Harre, 1979, 172).

Para una consolidación continua del rendimiento se recomienda la siguiente sucesión de métodos de entrenamiento en resistencia: método continuo extensivo (primero con velocidad constante, posteriormente con cambio de velocidades) → entrenamiento interválico extensivo (al principio con intervalos largos) → método continuo intensivo en paralelo con (o seguido de) método interválico intensivo y método de repeticiones → método de competición (competiciones preparatorias, bloques de competición con carreras de diferente longitud).

En principio, el interés fundamental al iniciarse la pretemporada se centra en los métodos de desarrollo general para aumentar la resistencia de base; posteriormente la prioridad corresponde a los métodos más específicos para el desarrollo de las capacidades de resistencia especiales. Durante esta última fase deben programarse, en un marco apropiado del programa de entrenamiento, carreras continuas más prolongadas como trabajo de recuperación, también durante el período de competición.

Como muestran los estudios de Nabatnikova (1974, 207), la resistencia específica mejora dependiendo tanto de la capacidad aeróbica como de la anaeróbica. Ambos componentes tienen que integrarse en el entrenamiento en una relación correcta y en el orden debido.

Preparación para la competición inmediata

La preparación para la competición inmediata (*tapering*) requiere un período de entre 4 y 6 semanas (v. también pág. 65). Este período se corresponde con el volumen de tiempo mínimo necesario para provocar un nivel de adaptación nuevo o más elevado.

La carga máxima, en sus aspectos cualitativo y cuantitativo, se debe alcanzar –según Neumann (1994, 50), y sin contar con que surjan en la fase de consolidación del entrenamiento – unas 3 semanas antes del punto álgido de la competición.

La carga psicofísica máxima puede durar 2 o 3 semanas desde el inicio de la preparación de la competición inmediata. En la siguiente fase de carga el interés se centra, según Lehmann (1994, 50), en la elaboración de estímulos de entrenamiento intensos; en este sentido se habla también de transformación.

“El período de transformación tiene que incluir una reducción clara de la carga global y caracterizarse por la alternancia de cargas intensas más breves con períodos de sobrecompensación delimitados generosamente” (Lehmann, 1994, 50).

Esta afirmación incluye también competiciones de preparación, que en un principio se deben organizar fuera del entrenamiento pleno. Con esta manera de proceder evitamos, según Lehmann (1994, 50), adelantar el estado de

Exigencia	Carga	Criterio de control
Etapa básica (resistencia de base)	Entre 60 y 70 % del mejor rendimiento en la distancia	Lactato < 3 mmol/l Frecuencia cardíaca entre 130 y 150 lat./min (entre 60 y 70 % del consumo máximo de O ₂)
Etapa de desarrollo 1	Entre 70 y 85 % del mejor rendimiento en la distancia	Lactato entre 3 y 4 mmol/l Frecuencia cardíaca entre 140 y 160 lat./min (entre 70 y 80 % del consumo máximo de O ₂)
Etapa de desarrollo 2	Entre 85 y 95 % del mejor rendimiento en la distancia	Lactato entre 5 y 7 mmol/l Frecuencia cardíaca entre 160 y 180 lat./min (entre 80 y 95 % del consumo máximo de O ₂)
Etapa límite (ámbito de competición)	Más del 95 % del mejor rendimiento en la distancia (también en competición)	Lactato por encima de 7 mmol/l Frecuencia cardíaca por encima de 180 lat./min (entre 90 y 95 % del consumo máximo de O ₂)

Tabla 29. Etapas de entrenamiento para el desarrollo de la resistencia; su configuración se ha deducido a partir de los resultados de tests de campo (de Neumann, 1994, 51)

forma máximo y nos reservamos la posibilidad de supercompensación de los fundamentos esenciales del rendimiento.

Atención. En la fase de preparación inmediata de la competición necesitamos prevenir la sobrecarga y controlar el elevado nivel de carga global con la ayuda de parámetros biológicos. Los parámetros más comúnmente aceptados son la frecuencia cardíaca (Fc), el lactato, la urea de la orina y la creatinina (cf. Neumann/Pfütznner/Hottenrott, 1993; Neumann, 1994, 50).

La medición de la frecuencia cardíaca basal (pulsaciones en reposo por la mañana) es un método sencillo y contrastado para el reconocimiento precoz de la sobrecarga o de otros trastornos de la salud. Cuando la frecuencia cardíaca supera los 8 lat./min es necesario actuar (Neumann, 1994, 50).

La tabla 29 nos ofrece una visión global de los ámbitos de entrenamiento en la preparación para la competición a largo plazo e inmediata.

Atención. Al configurar la carga antes de competiciones importantes se debe proceder con cautela, sobre todo

Un entrenamiento interválico a corto plazo en un atleta no habituado altera de forma notoria el programa de motricidad y no debería efectuarse antes de competiciones importantes (cf. Neumann, 1994, 50).

si necesitamos recuperar carencias de velocidad con un entrenamiento de motricidad (influencia sobre los procesos neuromusculares de control y regulación) en forma de entrenamiento interválico.

Finalmente, la preparación inmediata para la competición se puede optimizar –como es práctica habitual– con la ayuda de un entrenamiento en altura (v. pág. 167). El margen de tiempo más favorable para volver de la altura es 17 días antes de la competición. Sin embargo, también se puede regresar, aunque con mayor riesgo, entre 3 y 4 días antes de la competición.

Como *resumen* podemos afirmar que la preparación inmediata para la competición implica la optimización de los fundamentos de rendimiento aeróbicos y anaeróbicos además de las exigencias motoras. El dominio de este complejo entramado debe encararse de una forma creativa, teniendo en cuenta las posibilidades y particularidades individuales.

Desentrenamiento

El deportista de elite puede necesitar un “desentrenamiento” al terminar su carrera profesional como tal, pero también puede necesitarlo antes, como descanso obligado por enfermedad súbita, lesiones, accidentes o preparaciones para un examen.

Por desentrenamiento entendemos la reducción activa, selectiva y progresiva de un estado de entrenamiento de alto rendimiento hasta un nivel normal (relevante para la profilaxis de la salud).

La necesidad de un desentrenamiento surge del llamado *síndrome de descarga agudo* como consecuencia de la interrupción abrupta de un entrenamiento de alto rendimiento en resistencia (cf. Israel, 1967, 158; 1975, 326, y 1993; 17; Urhausen, 1993, 31). La tabla 30 muestra los signos y síntomas de las reacciones psicósomáticas más o menos intensas que se producen en el síndrome de descarga agudo.

Atención. Los llamados trastornos funcionales que se describen en el síndrome de descarga agudo pueden ser bastante desagradables pero no constituyen un verdadero riesgo, pues no estamos aquí ante un cuadro orgánico patológico (cf. Urhausen, 1993, 31).

El síndrome de descarga agudo suele comenzar entre 2 y 10 días después de la retirada de la carga (cf. Israel, 1993, 17) –Urhausen (1993, 31) indica un período entre 1 y 4 semanas después de la interrupción del entrenamiento– y dura uno o varios meses.

- Presión/punzadas en la zona del corazón
- Extrasístoles
- Vértigo/inestabilidad circulatoria
- Cefalea
- Sensación de saciedad (estómago pesado)
- Trastornos digestivos
- Trastornos del apetito
- Estados de inquietud
- Trastornos del sueño
- Malestar de carácter depresivo
- Inestabilidad emocional

Tabla 30. Signos y síntomas del síndrome de descarga agudo (de Israel, 1993, 18)

El síndrome de descarga agudo se produce más a menudo en deportistas de resistencia que en deportistas de fuerza (rápida) y depende de la tipología individual; en algunos deportistas aparece con gran intensidad y en otros no se observa la más mínima señal.

La causa de los trastornos psicósomáticos parece encontrarse en la asincronía de las adaptaciones regresivas de los sistemas cardiovascular y nervioso vegetativo (cf. Urhausen, 1993, 31).

El malestar de tipo depresivo que suele aparecer en el marco del síndrome de descarga agudo se explica por la ausencia de los opiáceos endógenos inducidos por el movimiento (como, p. ej., las endorfinas producidas durante la carga; cf. Hollmann/de Meirleir, 1988, 56; Israel, 1993, 18).

En la figura 107 podemos ver que los deportistas entrenados en resistencia presentan, después del entrenamiento, concentraciones de endorfina (sustancia que mejora el

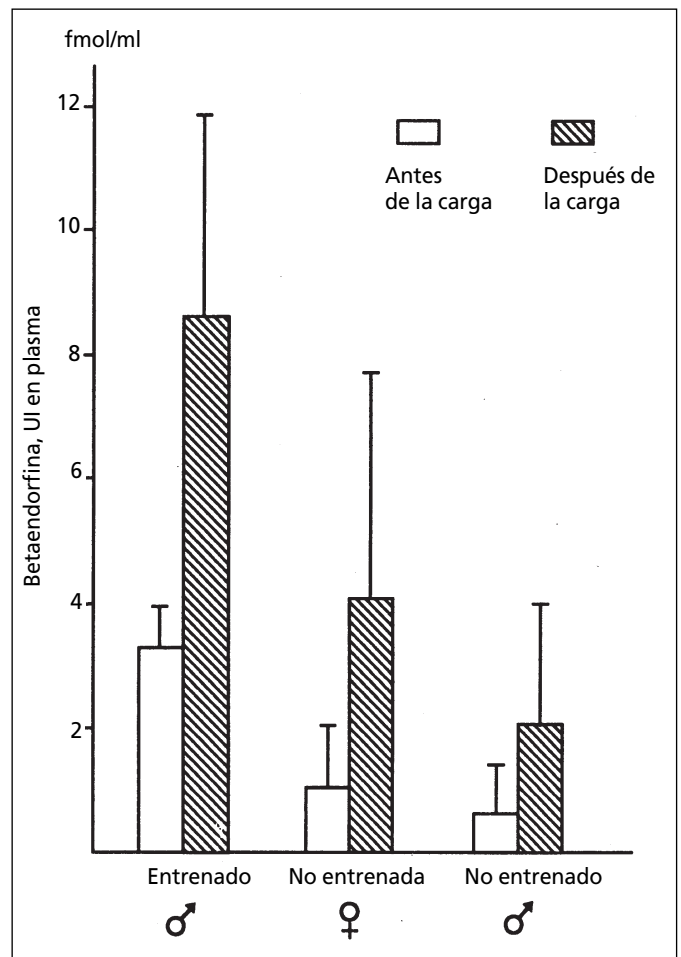


Figura 107. Concentración de endorfina en el plasma sanguíneo en personas entrenadas y no entrenadas, antes y después de una carga de resistencia (de Tröger y cols., 1980, 80).

estado de ánimo) notoriamente mayores que las personas normales no entrenadas.

Para evitar el síndrome de descarga agudo se debería efectuar un desentrenamiento de forma sistemática y activa. La solución más apropiada consiste en efectuar un entrenamiento regular, reducido y orientado hacia la resistencia.

Atención. No es necesario realizar el desentrenamiento en la modalidad anteriormente practicada en el ámbito de elite, siempre que la nueva modalidad elegida se pueda practicar con una intensidad suficiente (cf. Urhausen, 1993, 31).

Modalidades de resistencia apropiadas

Jogging, ciclismo, natación, remo y, en determinadas circunstancias, carrera de patinaje sobre hielo y esquí de fondo en invierno; modalidades de juego con fuerte componente de carrera.

Para eliminar los signos y síntomas del síndrome de descarga agudo es suficiente, como promedio, un 30 % de la tarea de carga habitual (Israel, 1993, 19).

El desentrenamiento a largo plazo después de concluir la carrera deportiva no debería efectuarse sólo para evitar un síndrome de descarga agudo, sino también en el sentido de un “entrenamiento para la salud”, durante toda la vida posterior.

Ninguna trayectoria personal en el ámbito de la resistencia, por más éxito que se haya alcanzado, ofrece una protección de por vida ante la aparición de enfermedades cardiovasculares degenerativas, el factor de riesgo principal del infarto de miocardio y del accidente vascular cerebral (ictus) (v. pág. 605).

Principios metodológicos del entrenamiento de la resistencia

- La capacidad de rendimiento en resistencia tiene su fundamento en la resistencia general (resistencia de base) y en la específica. La resistencia de base, que se adquiere a través de un entrenamiento de resistencia centrado sobre todo en el volumen y sólo en segundo término en la intensidad, constituye el fundamento de

dicha resistencia específica, pues en relación con los parámetros cardiocirculatorios y metabólicos crea las condiciones para las cargas intensas y para una regeneración rápida después de la carga.

- En el entrenamiento de principiantes y en la pretemporada I es preferible utilizar los métodos continuo e interválico extensivo, con sus correspondientes contenidos.
- En el entrenamiento de deportistas avanzados y en la pretemporada II, aumenta el uso de métodos y contenidos intensivos. No obstante, en el proceso de entrenamiento a largo plazo el trabajo sigue enfocándose hacia la mejora de la resistencia de base, constituyendo el volumen el centro de las prioridades.
- En el entrenamiento de alto rendimiento y en el período de competición debe darse preferencia, después de la correspondiente preparación, al entrenamiento de la resistencia enfocado a la intensidad.
- Cuanto mayor es la capacidad de rendimiento en resistencia, mayor es la necesidad de intensificar y variar la carga; sólo de esta forma se puede conseguir nuevos síntomas de adaptación y, por tanto, mejoras del rendimiento.
- Una resistencia específica exige métodos y contenidos de entrenamiento específicos.
- Ningún entrenamiento sin planificación ni control: una organización detallada del proceso de entrenamiento a largo plazo sólo resulta posible con informaciones retroactivas y correcciones constantes.
- Un proceso de entrenamiento a largo plazo exige objetivos intermedios y finales.
- El entrenamiento no es un fin en sí mismo: una correcta selección de las competiciones, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, nos informa de modo fiable sobre la capacidad de rendimiento en cada instante y sobre la eficacia de los métodos y contenidos de entrenamiento aplicados.
- La eficacia del entrenamiento de la resistencia depende de la idoneidad de las cargas de entrenamiento y de las medidas de regeneración (períodos de recuperación suficientes, nutrición correcta, etc.).
- A un entrenamiento de la resistencia intenso y de duración limitada (que da lugar a un gasto selectivo de las reservas en las fibras FT) puede seguirle una carga centrada en el volumen (consumo en las fibras ST). Esta sucesión no debe darse en sentido inverso, pues una carga prolongada agota primero las fibras ST y después, una vez agotadas éstas, las FT, esto es, ambos tipos de fibra.

Indicación: entrenamiento de la resistencia como entrenamiento para la salud

El entrenamiento de la resistencia desempeña un papel extraordinariamente importante en el ámbito de la prevención de enfermedades cardiocirculatorias y derivadas de la carencia de movimiento; por ello, abordamos este tema con más detalle en la parte VI.

Entrenamiento de la resistencia en las edades infantil y juvenil

Fundamentos deportivo-biológicos

Pese a algunas particularidades derivadas de la edad (v. pág. 102), los niños y jóvenes muestran en principio los mismos síntomas de adaptación que los adultos en el entrenamiento de la resistencia; los cambios no sólo afectan las magnitudes morfológicas y cardiopulmonares, sino también una serie de parámetros fisiológicos como, por ejemplo, el “umbral anaeróbico” (cf. Ilg/Köhler, 1977, 915; Lennartz/Pohl, 1977, 242; Köhler, 1977, 606; Keul y cols., 1981, 389; Gaisl/Buchberger, 1982, 62, y 1986, 36).

Así pues, en la edad infantil se observan síntomas de adaptación estructurales y funcionales de los órganos y sistemas orgánicos que participan de forma decisiva en el rendimiento o que constituyen una limitación para dicho rendimiento.

La capacidad de rendimiento en resistencia presenta grados de asentamiento diferentes en correspondencia con la edad biológica. Como muestra la figura 108, los individuos acelerados presentan las capacidades de rendimiento mayores, y los retardados, las menores. En ningún caso se ha podido constatar una evolución disarmónica entre la capacidad de rendimiento cardiopulmonar y las dimensiones cardiopulmonares.

El volumen cardíaco relativo (en referencia al peso corporal) permanece constante en ambos sexos, entre la edad infantil temprana y la edad adulta, en torno a unos valores de 10 a 10,5 ml/kg (cf. Hollmann y cols., 1983, 12).

Así pues, la tesis de las limitaciones funcionales del corazón y del organismo infantil no se puede mantener en la actualidad, no se observa nada comparable en ninguna fase del desarrollo del niño (v. Kindermann, 1974, 1768; Ilg/Köhler, 1977, 917). Como muestran los estudios de Gauer (citados en Weineck, 1990a, 279), el corazón y las fibras del miocardio del niño experimentan un desarrollo

armónico en el transcurso del crecimiento y del entrenamiento. El número de fibras del miocardio se mantiene constante a lo largo del desarrollo, cada fibra va aumentando su grosor y su longitud. Al aumentar la longitud de las fibras del miocardio, desciende la frecuencia cardíaca. Con la hipertrofia originada por el crecimiento o el entrenamiento crece también el espacio interno del corazón, y aumenta el volumen sistólico. De esta manera, el trabajo del corazón va adquiriendo un grado cada vez mayor de economía y de eficacia.

El sistema cardiovascular de niños y jóvenes no reacciona de forma diferente a los adultos ante los estímulos de entrenamiento; por tanto, al realizar un entrenamiento de resistencia no hemos de contar con que se produzcan daños de ningún tipo, sino con modificaciones positivas en el sentido de la adaptación. Mauersberger (1973, 52) ha constatado ya en niños de 10 años la influencia de un trabajo de entrenamiento sobre la frecuencia cardíaca y la capacidad de recuperación.

Los estudios de Lussier/Buskirk (1977, 734) y Mahon/Vaccaro (1989, 431) muestran una mejora considerable de la capacidad infantil de rendimiento en resistencia mediante un entrenamiento regular de la resistencia, ya sea con carreras de largas distancias o tiempos prolongados o con juegos de carrera como el fútbol.

Los estudios de Bringmann (1989, 105) muestran claramente que sólo el deporte semanal en la escuela –sobre todo las actividades extraescolares– contribuye a mejorar la capacidad de rendimiento en resistencia en los niños, con la consiguiente mejora de la capacidad de rendimiento psicofísica (fig. 109).

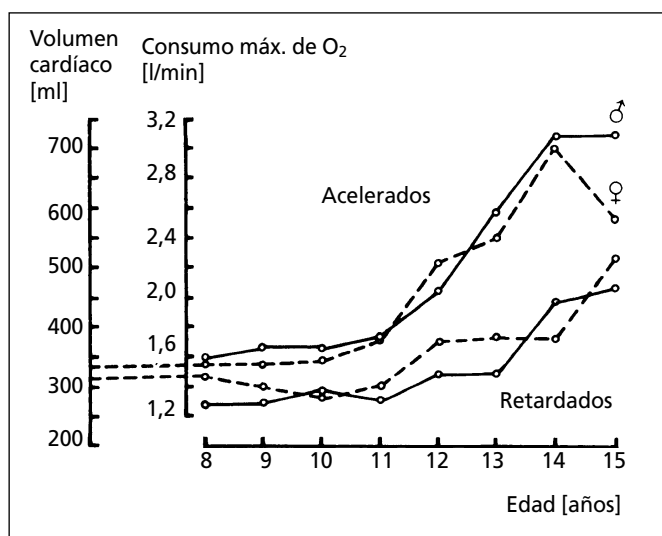
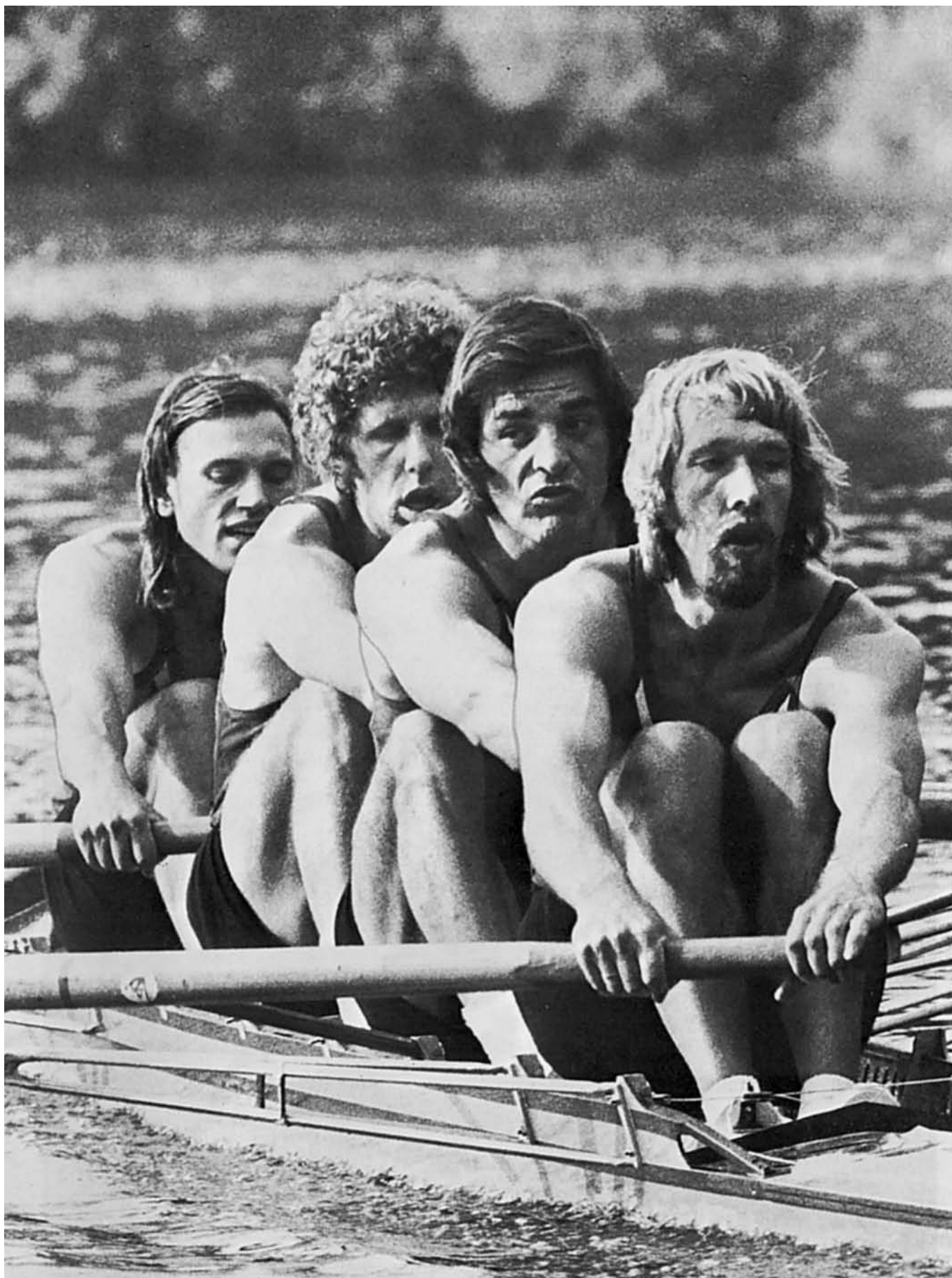


Figura 108. Volumen cardíaco y consumo máximo de oxígeno (como criterio bruto de la capacidad de rendimiento en resistencia) en jóvenes de desarrollo acelerado y retardado entre los 8 y los 15 años (de Hollmann y cols., 1983, 12).





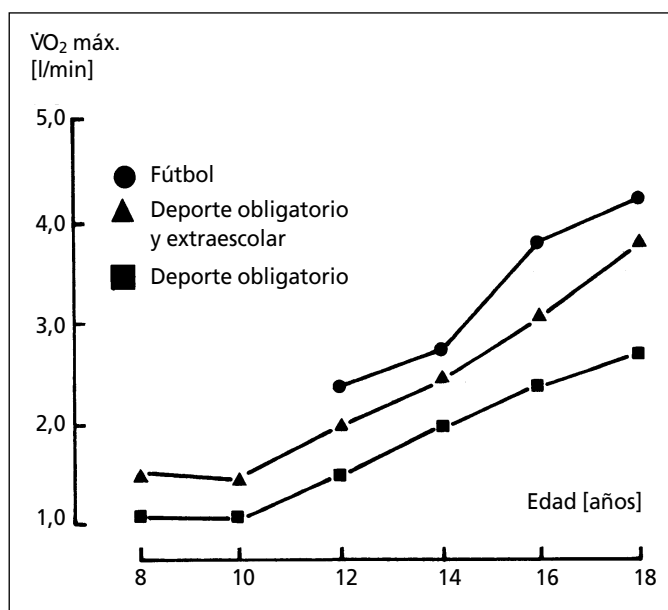


Figura 109. Capacidad de rendimiento en resistencia (calculada mediante el consumo máximo de oxígeno) de jóvenes (varones) con diferentes cargas deportivas (modificado de Bringmann, 1989, 105).

La importancia del trabajo de la resistencia de forma adecuada a la edad radica en que los progresos en la capacidad de rendimiento en resistencia, precisamente en las edades infantil y juvenil (dado que el nivel de partida de los principiantes suele ser muy bajo), inciden sobre otros factores físicos del rendimiento como la velocidad, la fuerza rápida, la resistencia de velocidad, la fuerza, la resistencia de fuerza y la agilidad (cf. Frolov/Jurko/Kabackova, 1976, 771); Wurster, 1976, 61; Pahlke/Peters, 1977, 697; Gärtner/Crasselt, 1976, 120 y otros). La tolerancia a la fatiga suele ser un requisito previo esencial para el uso eficaz de los métodos y formas de entrenamiento existentes; la intensificación óptima de las cargas de entrenamiento mediante la variación adecuada de la normativa de carga (v. pág. 21) sólo resulta posible cuando existe ya una resistencia de base (cf. Colectivo de autores, 1974, 612; Rogo, 1979, 67; Tschiene, 1980, 423).

Capacidad aeróbica

Como ya hemos indicado, el organismo del niño y el joven presenta una capacidad de adaptación compleja, sobre todo en el ámbito de la capacidad de rendimiento aeróbica. Los estudios de Robinson (cit. en Klimt y cols., 1975, 168) muestran que el niño entre 5 y 12 años alcanza, en el primer medio minuto de una carga máxima, el 41-55 % del consumo máximo de oxígeno, mientras que los valores del adulto se sitúan en torno a un 29-35 %.

Con cargas de resistencia aeróbicas, los niños presentan una excelente capacidad para metabolizar los ácidos grasos; su tasa de oxidación de lípidos es más elevada que la de los adultos (cf. Berg/Keul/Huber, 1980, 490; Koinze, 1987, 210). Las cargas prolongadas tampoco plantean a los niños problemas relacionados con el metabolismo de los glucídicos (que actúa en mayor medida con cargas intensivas).

Diversos estudios han podido mostrar que durante las cargas de resistencia la combustión de azúcares, necesaria para el organismo infantil, está garantizada al menos durante una hora (cf. Oseid/Hermansen, 1971, 147; Kindermann y cols., 1979, 659; Lehmann y cols., 1980, 230 y 287; Keul y cols., 1984, 5). La importancia de este dato radica en que el metabolismo infantil es especialmente sensible a la hipoglucemia (nivel bajo de glucosa en sangre; cf. Amendt, 1986, 485; Koinzer, 1987, 209).

Así pues, niños y jóvenes están especialmente bien preparados para las cargas de resistencia en el ámbito aeróbico, tanto desde el punto de vista cardiopulmonar como metabólico.

Con el paso de la edad aumenta la estatura corporal y con ello –en estrecha correlación– el consumo máximo de oxígeno absoluto en niños y jóvenes (fig. 110).

Por cada kilogramo de peso corporal, la capacidad de consumo máximo de oxígeno absoluto aumenta como promedio en torno a 55,2 ml/min por año (cf. Daniels y cols., 1978, 201).

La figura 111 muestra, no obstante, que en deportistas jóvenes entrenados en resistencia no aparece, con el paso de la edad, modificación alguna en el consumo máximo de oxígeno relativo (referido al peso corporal). El consumo máximo de oxígeno relativo se sitúa, en varones no entrenados, desde la edad infantil temprana hasta el estadio de madurez del adulto, entre 45 y 55 l/min, y en mujeres, entre 38 y 45 l/min.

Interesa señalar que, aun cuando el consumo máximo de oxígeno relativo se mantiene más o menos constante, aparece una considerable mejora de los rendimientos de resistencia.

Con el paso de la edad se va economizando el trabajo de carrera –lo cual tiene su expresión en un descenso del consumo máximo de oxígeno relativo con una velocidad dada– y va mejorando, por tanto, la capacidad de rendi-

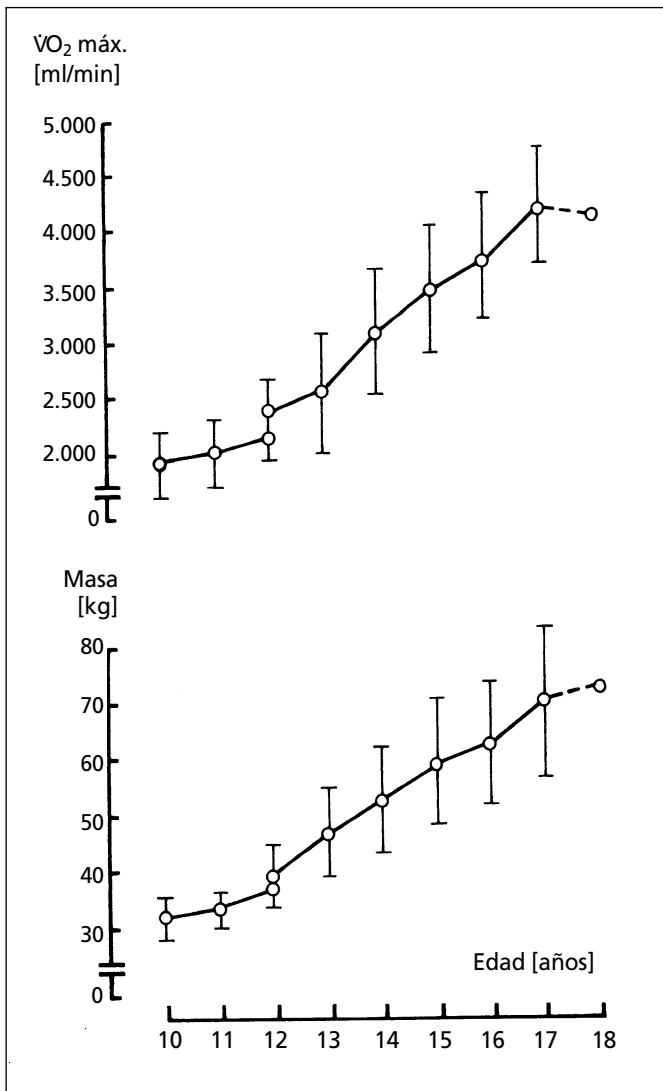


Figura 110. Consumo máximo de oxígeno absoluto ($\dot{V}O_2$ máx.) como criterio bruto de la capacidad de rendimiento en resistencia con el paso de la edad (10-18 años; tomado de Daniels y cols., 1978, 201).

miento en resistencia (fig. 112). Esto significa, que en condiciones comparables, los niños de mayor estatura presentan mayor capacidad de rendimiento en resistencia que los más pequeños.

El grado de aumento de la capacidad de consumo máximo de oxígeno y, por tanto, de la capacidad de rendimiento en resistencia aeróbica está estrechamente unido tanto al crecimiento como al entrenamiento (cf. Daniels y cols., 1978, 201).

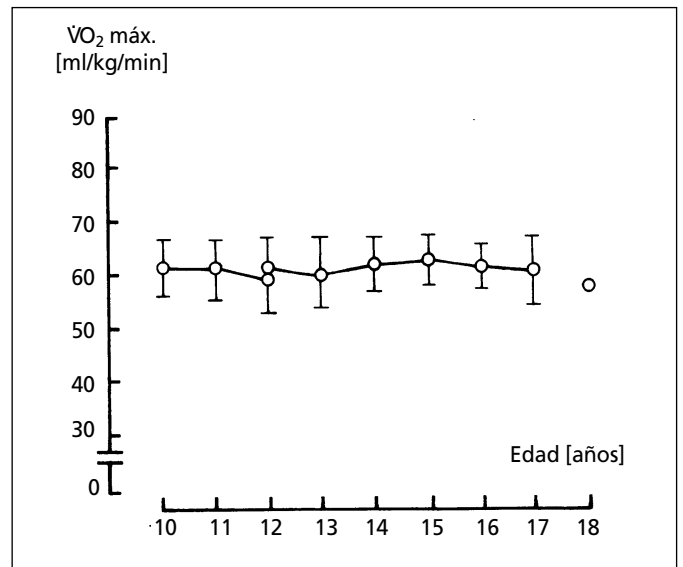


Figura 111. Consumo máximo de oxígeno relativo con el paso de la edad en niños entrenados en resistencia (de Daniels y cols., 1978, 202).

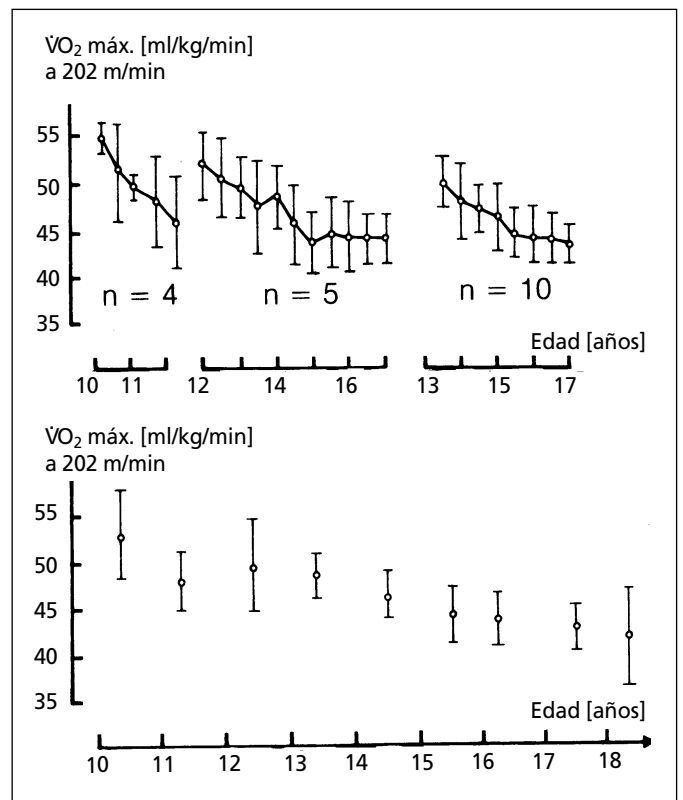


Figura 112. Influencia del crecimiento y el entrenamiento sobre el consumo de oxígeno submáximo (ml/kg/min) con una velocidad de carrera de 202 m/min; arriba, estudio longitudinal; abajo, estudio transversal (de Daniels y cols., 1978, 202).

El diagnóstico de aptitud para el entrenamiento de la resistencia en las edades infantil y juvenil no es suficiente. Si se pretende ganar a niños y jóvenes para un entrenamiento de la resistencia, o al menos aproximarlos a este ámbito, hemos de evitar o minimizar desde un primer momento problemas característicos de la resistencia en esta etapa de edad, a saber, el momento de la monotonía y el aburrimiento, asociados siempre a las cargas prolongadas, así como el momento de dolor, de tormento, que se puede asociar igualmente a las exigencias de la resistencia (cf. Medler, 1989, 56).

Capacidad anaeróbica

Al contrario que la capacidad de rendimiento aeróbica, la capacidad anaeróbica queda muy por debajo en el niño en comparación con el joven y el adulto. Con el paso de la edad mejora la capacidad anaeróbica de los niños, siempre en función del crecimiento. Según los estudios de Bar-Or (1991, 111), la capacidad absoluta de rendimiento anaeróbico de un chico de 8 años se sitúa en un 45-50 % de los valores de un chico de 14 años, y la relativa (referida al peso corporal), en un 65-70 %.

Aun cuando esta capacidad láctica se pueda incrementar mediante entrenamiento (cf. Gürtler/Buhl/Israel, 1979, 70) –después de cargas de competición agotadoras, los niños y jóvenes entrenados durante años pueden presentar, en contra de la opinión hasta hace poco vigente entre los científicos, valores de lactato muy elevados, comparables a los de los adultos–, no se trata de una carga fisiológica, pues la eliminación del lactato (v. pág. 205), y por tanto la capacidad de recuperación, es menor en el niño que en el adulto (cf. Bormann/Pahlke/Peters, 1981, 199). Scharschmidt/Pieper (1982, 39) señalan que unos valores medios de lactato en sangre, de 10 mmol/l, en relación con la masa muscular o corporal, suponen para el organismo infantil a nivel local una carga tan elevada como unos valores de 20 mmol/l en el adulto; de aquí, no obstante, no se deduce que los niños sean especialmente aptos para las cargas anaeróbicas.

Por el contrario, estudios de Lehmann y cols. (1980, 230 s.) muestran que las cargas anaeróbicas en niños (en dependencia directa del nivel de lactato) producen niveles de catecolaminas (adrenalina, noradrenalina) diez veces superiores. En este contexto llama la atención el hecho de que los niveles de lactato en niños, debido a su menor capacidad láctica, sean inferiores un 45 % aproximadamente respecto de los niveles de jóvenes de 17-18 años, pero los niveles de adrenalina los superen en alrededor del 25 %. Este ascenso, desfavorable para el niño, de las hormonas del estrés y del rendimiento debe calificarse, en nuestra opinión, de antifisiológico e inadecuado para la edad, y

ello por dos motivos. En primer lugar, no parece razonable aproximar a niños y jóvenes a los límites de su capacidad de carga psicofísica y movilizar de forma precoz reservas de rendimiento que se necesitarán en un momento posterior; la elevada cuota de abandonos de la actividad deportiva entre los jóvenes es indicio claro de que un entrenamiento excesivamente duro, digamos anaeróbico, no es adecuado para las condiciones propias de la edad (cf. Andresen/Krüger, 1981, 178 s.; Bernhard, 1981, 169; Feige, 1981, 106/125; Polovzev/Cishik, 1981, 288 y otros). En segundo lugar, los mecanismos de protección naturales no se deberían ignorar cuando se busca un aumento precoz e inadecuado del rendimiento; la capacidad glucolítica, normalmente menor, y el nivel de catecolaminas más bajo deberían proteger el organismo infantil de una acidosis excesiva y de una situación metabólica de catabolismo (degradación del glucógeno), reservando así el limitado depósito de hidratos de carbono para los órganos que dependen de la glucosa (p. ej., el cerebro; cf. Keul, 1982, 32).

Las cargas de naturaleza anaeróbica láctica, esto es, acompañadas de un marcado aumento del lactato, son inadecuadas para los niños no sólo por tener éstos menos capacidad anaeróbica, y en consecuencia menos capacidad de recuperación, sino también porque suponen un factor de estrés difícilmente soportable para los niños: los aumentos del lactato y de la hormona del estrés están estrechamente vinculados entre sí, y esto ocurre con independencia de la edad y del estado de entrenamiento (cf. Kunski/Sztobryn/Rynkiewicz, 1973, 267; Lehmann y cols., 1980, 230).

Cuando las intensidades de carga llegan al ámbito del umbral anaeróbico, alcanzando un 80 % aproximadamente del consumo máximo de oxígeno y una frecuencia cardíaca de 160-180 latidos/min, se produce un aumento de las hormonas del estrés (adrenalina y noradrenalina) hasta duplicar los niveles de partida, situación que los niños toleran muy bien. Sin embargo, cuando las intensidades de carga llegan al agotamiento pleno, se produce un aumento brusco de las hormonas del estrés hasta multiplicar por diez el nivel de partida, lo cual origina rápidamente un estado de sobrecarga psicofísica, dado que la tolerancia al estrés es menor en los niños que en los adultos (cf. Lehmann y cols., 1980, 230 y 287). Debido a las circunstancias hormonales –sobre todo al bajo nivel de la testosterona (hormona sexual masculina)–, la capacidad enzimática anaeróbica parece permitir tasas de aumento menores que las de los adultos. Erikson/Gollnick/Saltin (1973, 485) han podido constatar que la actividad de las enzimas glucolíticas –sobre todo de la fosfofructocinasa, la enzima “reguladora del tiempo de reacción”– es menor en los niños que en los adultos, y sólo aumenta en el transcurso del desarrollo

corporal. El aumento de la capacidad anaeróbica experimenta una aceleración marcada al inicio de la pubertad, coincidiendo con el ascenso pronunciado de la testosterona (cf. Labitzke/Vogt, 1976, 153; Wasmund/Nowacki, 1978, 68; Kindermann/Huber/Keul, 1975, 114; Tanaka/Shindo, 1985, 93).

El entrenamiento de resistencia en las edades infantil y juvenil debe tener en cuenta la escasa capacidad anaeróbica; la elección de métodos y contenidos de entrenamiento, la dosificación de la intensidad y la duración de las cargas tienen que adaptarse a las circunstancias fisiológicas de la edad.

Si observamos el comportamiento de juego de los niños, comprobamos su tendencia constante a participar de forma breve e intensa en las actividades del momento. Los juegos de atrapar intensos incluyen ciertas reglas que ayudan a evitar las cargas lácticas anaeróbicas: “la casa” (lugar donde no se puede atrapar) permite, en función de las necesidades, ocupar una posición de recuperación. Así pues, los niños se comportan “automáticamente” de forma correcta, adaptándose a sus circunstancias fisiológicas.

Consecuencias para la práctica del entrenamiento

En el trabajo de la resistencia con niños se deberían elegir cargas aeróbicas de intensidad baja o media (ritmo de jogging) y cargas breves e intensas de naturaleza aláctica (hasta 3-5 s de duración y 20-30 m aprox.). El entrenamiento de la “capacidad de aguante” –como recomiendan algunos autores (cf. Schierling, 1978, 60)– tiene tan poco sentido en las edades infantil y juvenil como las carreras de velocidad constante o variable en distancias entre 600 y 1.000 m, pues estos ejercicios no se corresponden con las condiciones psicofísicas de esta etapa de edad. Como métodos de entrenamiento disponemos del método continuo y del método interválico intensivo a corto plazo.

Comportamiento de la frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca muestra, dependiendo del estado de entrenamiento en resistencia, un comportamiento característico en chicos y chicas, entrenados y no entrenados, antes, durante y después de la carga (fig. 113).

Los niños entrenados reaccionan ante la carga con una frecuencia cardíaca menor debido a los múltiples efectos de economización; el descenso más rápido de la frecuencia cardíaca en la fase posterior a la carga se explica por una regulación circulatoria más rápida.

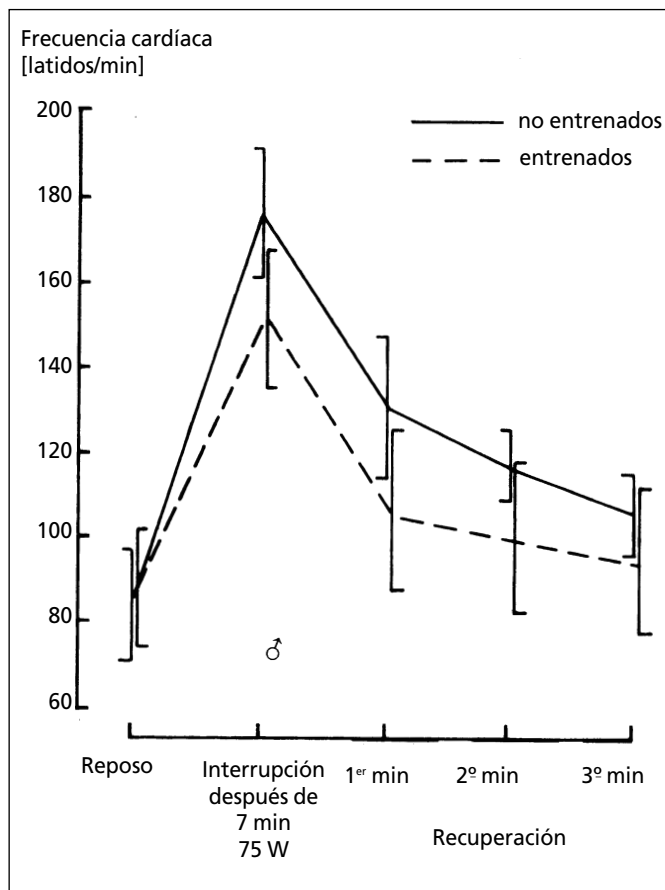


Figura 113. Frecuencia cardíaca antes, durante y después de una carga submáxima, en chicos entrenados y no entrenados (de Bringmann, 1980, 517).

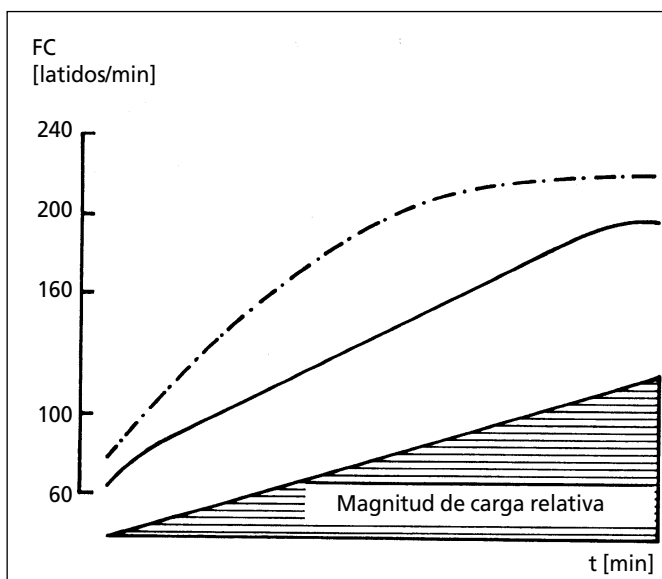


Figura 114. Aumento de la frecuencia cardíaca con aumento de la carga relativamente similar en el adulto y en el niño; trazo discontinuo = niño; trazo continuo = adulto (de Pahlke y cols., 1979, 206).

En la edad infantil—que se extiende hasta el inicio de la pubertad—debemos tener en cuenta algunas particularidades referidas al comportamiento de la frecuencia cardíaca durante y después de la carga; la frecuencia cardíaca del niño aumenta, al hacerlo la carga corporal, de forma más pronunciada que la del adulto (cf. Pahlke y cols., 1979, 206) (fig. 114).

Sin embargo, en contraposición con el adulto, las cargas elevadas y máximas se efectúan con menores diferencias entre los niveles de frecuencia cardíaca.

Las frecuencias cardíacas máximas del adulto entre 20 y 30 años se sitúan en unos 200 latidos por minuto, y las del niño, claramente por encima. En el niño de edad escolar temprana y media unos valores de frecuencia cardíaca de 220 lat./min no significan en modo alguno una reacción patológica (cf. Pahlke y cols., 1979, 206) (tabla 31). Con valores de frecuencia cardíaca entre 110 y 180 lat./min, unos aumentos de la carga de escasa entidad provocan, en contraposición con el adulto, incrementos considerables de la frecuencia cardíaca; por el contrario, con frecuencias ya elevadas se producen, incluso con aumentos considerables de la carga, incrementos mucho menores de la frecuencia cardíaca. En la edad infantil se miden frecuencias cardíacas casi iguales con intensidades medias y elevadas. Si utilizamos la frecuencia cardíaca como parámetro, hemos de tener en cuenta este fenómeno a la hora de dosificar la carga y de valorar la carga efectuada.

Entrenamiento de la resistencia en la edad preescolar

Los resultados del estudio sobre un entrenamiento en resistencia, efectuado durante dos años por un grupo de niños con edades entre tres y cinco años (Frolov/Kurko/Kavackova 1976, 771), muestran que los niños pueden entrenarse en resistencia ya en la edad preescolar sin temor a consecuencias negativas o sobrecargas si el entrenamiento se efectúa de forma adecuada a los niños y sin obligaciones exteriores.

Como muestra la figura 115, los niños de 2 años son capaces de practicar *jogging* sin esfuerzo durante 20 minutos si les resulta divertido. Las interrupciones espontáneas se deben sólo a acontecimientos especiales (p. ej., si hay un gato al borde del camino pidiendo caricias).

Pero la figura 115 indica también que los niños de corta edad trabajan con frecuencias cardíacas muy elevadas (en nuestro ejemplo se alcanza al correr frecuencias apenas inferiores a 220), sin que ello nos deba causar ningún tipo de preocupación: el pequeño corazón del niño está orientado sobre todo hacia la frecuencia (v. pág. 203, cf. fig. 77).

Como se puede ver en la tabla 31, con el paso de los años se incrementa la distancia recorrida en el entrenamiento de resistencia, situándose la tasa de mayor incre-

mento entre el tercer y el cuarto año de vida (los chicos mejoran un 80 %, y las chicas, un 56 %).

Interesa señalar que a partir del cuarto año de vida se observan ya diferencias entre los sexos en relación con la resistencia en carrera. Sin embargo, no está claro si las diferencias se explican por la diferencia de sexos o por el tipo de comportamiento en el juego.

En la edad preescolar las formas de entrenamiento más apropiadas son el *método continuo* y las *cargas interválicas* con desgaste energético anaeróbico láctico (cf. Klimt/Pannier/Paufler, 1974, 14). Se deberían evitar las cargas que permite la capacidad anaeróbica láctica (glucólisis). Los contenidos de entrenamiento (v. pág. 207) deberían ser amenos, con un marcado carácter lúdico.

No obstante, en esta edad recomendamos dar la *importancia debida* al trabajo de la resistencia, en el sentido de la mejora general de la condición física mencionada al principio de este apartado, *sin sobrevalorarlo* dentro del espectro global complejo de los diferentes factores del rendimiento, pues un entrenamiento unilateral de la resistencia conlleva el riesgo de frenar los impulsos hormonales del crecimiento, el desarrollo y la diferenciación, y de influir de forma unilateral sobre el modelo de actividad motora propio del niño, caracterizado por movimientos de gran frecuencia, multilateralidad y diversidad, y por una fuerte inclinación al aprendizaje de destrezas motoras en medio de una intensa participación emocional (cf. Scharschmidt/Pieper, 1981, 291; Peters/Pahlke/Wurster, 1981, 681).

Entrenamiento de la resistencia en la edad escolar temprana y en la tardía

En la edad escolar temprana se produce un marcado aumento de los volúmenes sistólicos y un descenso continuo de la frecuencia cardíaca en reposo (fig. 116). Estas alteraciones funcionales se deben, por una parte, al aumento del peso absoluto del corazón y al crecimiento de aurículas y ventrículos, y, por otra parte, a la disminución de la resistencia periférica (por la dilatación de la sección transversal global de los vasos sanguíneos periféricos).

En niños y jóvenes entrenados en resistencia esta evolución se acentúa en comparación con los no entrenados. Como muestra la figura 117, el consumo máximo de oxígeno, tomado como criterio bruto de la capacidad de resistencia, crece en chicas y chicos entrenados de forma similar, más o menos hasta los 12 años de edad. Posteriormente el desarrollo continúa de forma específica para cada sexo, ascendiendo de forma continua en los chicos y permaneciendo casi constante en las chicas a partir de los 14 años.

El desarrollo de la capacidad de rendimiento en resistencia—esto es válido tanto para la aeróbica como para la anaeróbica—no sólo depende del estado de entrenamiento,

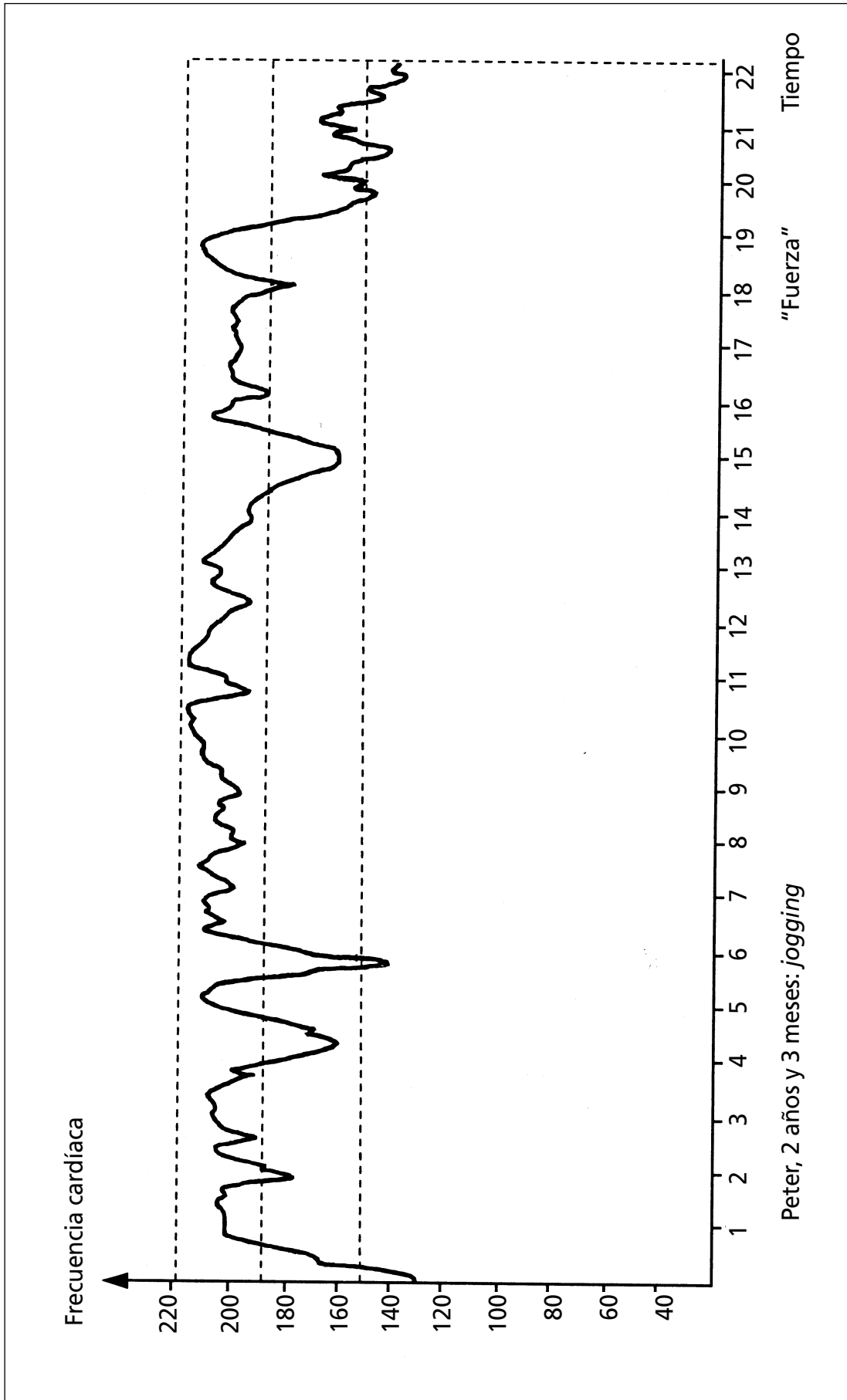


Figura 115. Comportamiento de la frecuencia cardíaca de un chico de 2 años que practica jogging y ejercicios gimnásticos de "fuerza".

Distancias recorridas en carrera (m) por chicos (H) y chicas (M) en la comparación entre grupo de entrenamiento y grupo de control			
	Al inicio del E	Después de 1 año de E	Después de 2 años de E
3 años,	H 258/254 M 246/235	740/476 620/389	1.196/583 1.121/572
4 años,	H 466/460 M 370/384	1.502/622 1.146/480	1.776/716 1.479/711
5 años	H 608/594 M 458/452	1.765/690 1.249/676	2.656/787 1.865/786

Tabla 31. Mejora mediante el entrenamiento de la capacidad de resistencia de niños entre 3 y 5 años (determinada mediante la longitud recorrida en carrera; de Frolov/Kurko/Kabackova, 1976, 771). E = entrenamiento

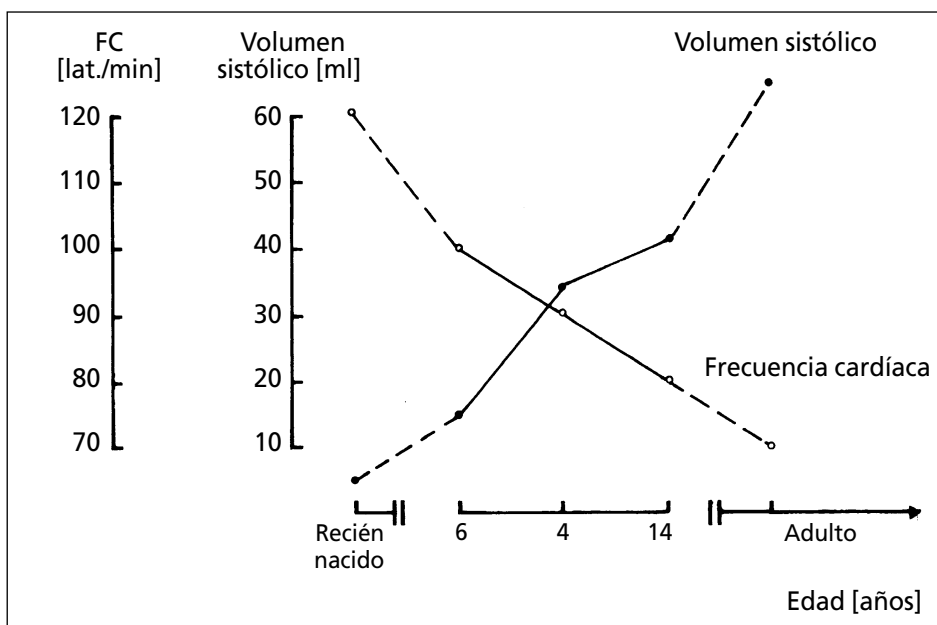


Figura 116. Desarrollo del volumen sistólico y de la frecuencia cardíaca con el paso de los años (de Oelschlägel y cols., citado en Bringmann, 1980, 517).

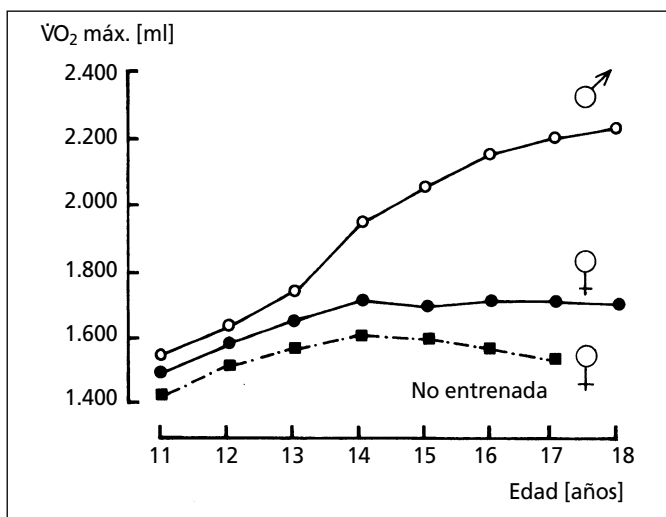


Figura 117. Desarrollo del consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.) en chicos y chicas entrenados y no entrenados (de Dietrich y cols., 1974, 142).

sino también, como ya hemos mencionado, de la madurez biológica del niño (cf. figs. 108 y 119). Los sujetos de desarrollo más precoz tienen mayor capacidad de rendimiento que los más retardados. Y aunque los niños entrenados y biológicamente más maduros muestran una mayor capacidad para la producción de energía anaeróbica, su capacidad para eliminar el lactato producido no es mayor en comparación con los sujetos no entrenados.

Para evitar exigencias excesivas o demasiado escasas en el trabajo de la resistencia, se debe aplicar el principio de la carga diferenciada individualmente. Los ejercicios de resistencia realizados con intensidad media y en condiciones aeróbicas son, también en esta edad, más beneficiosos para el organismo que los ejercicios de carácter anaeróbico.

En este sentido, el estudio de Klimt y cols. (1973, 57 s.) indica hasta qué punto, por ejemplo, las carreras superiores a los 800 m o distancias comparables resultan inapropiadas para niños de esta edad; observamos aquí, en niños de 8 y 9 años, que los valores de lactato seguían altos 30 min después de efectuar una carrera de 800 m, y que el nivel de partida sólo se recuperaba después de una hora (!).

Una carrera de 800 m en términos de competición o planteada para el cálculo del rendimiento supone en los niños una carga más intensa que una carrera de 3.000 m con esprint final (Wasmund/Nowacki, 1978, 68).

Pero también en carreras de 200 m (Klimt y cols., 1971, 31 s.) y, en un grado extremo en carreras de 350 m, se observan ascensos del lactato extraordinariamente elevados como expresión del suministro energético anaeróbico (cf. Scheele, 1973, 384); la causa ha de buscarse en la escasez de las reservas celulares propias (ATP, fosfocreatina), circunstancia que adelanta en los niños el momento del suministro energético láctico.

Una observación de este tipo presenta un interés añadido –sobre todo para el ámbito escolar– teniendo en cuenta que, tal como se señala en una serie de trabajos (Bormann/Pahlke/Peters, 1981, 199; Gürtler/Buhl/Israel, 1979, 70), la capacidad anaeróbica se puede entrenar ya en la edad escolar temprana. La figura 118 muestra, por ejemplo, que la eliminación del lactato es más acentuada, por

Estos resultados indican con toda claridad que las carreras utilizadas normalmente en el deporte escolar para examinar la capacidad de rendimiento en resistencia (entre 600 y 800 m en la mayoría de los planes de estudio) no se corresponden con las circunstancias fisiológicas de la edad, pues los rendimientos de este tipo están determinados sobre todo por la glucólisis anaeróbica (cf. también Donath/Rosel, 1974, 326).

una parte, en los sujetos entrenados, y por otra, en la modalidad específica, un indicio de la entrenabilidad de las capacidades específicas de la modalidad.

Bormann/Pahlke/Peters (1981, 199) explican las elevadas concentraciones de lactato en niños entrenados argumentando que el entrenamiento selectivo genera unas buenas condiciones de resistencia, fuerza, velocidad y coordinación, que favorecen a su vez el metabolismo anaeróbico.

La escasa capacidad de eliminación del lactato, representada en la figura 120, muestra la imposibilidad de cumplir eficazmente las exigencias de entrenamiento anaeróbico en esta edad, pues los estados de fatiga consiguientes se prolongan en exceso, convirtiéndose así en un componente más bien negativo para el posterior transcurso del entrenamiento.

Ambas capacidades de la resistencia, la aeróbica y la anaeróbica, influyen favorablemente una en otra por la vía de sus interacciones: un entrenamiento de la resistencia con intensidad media no solamente produce un aumento

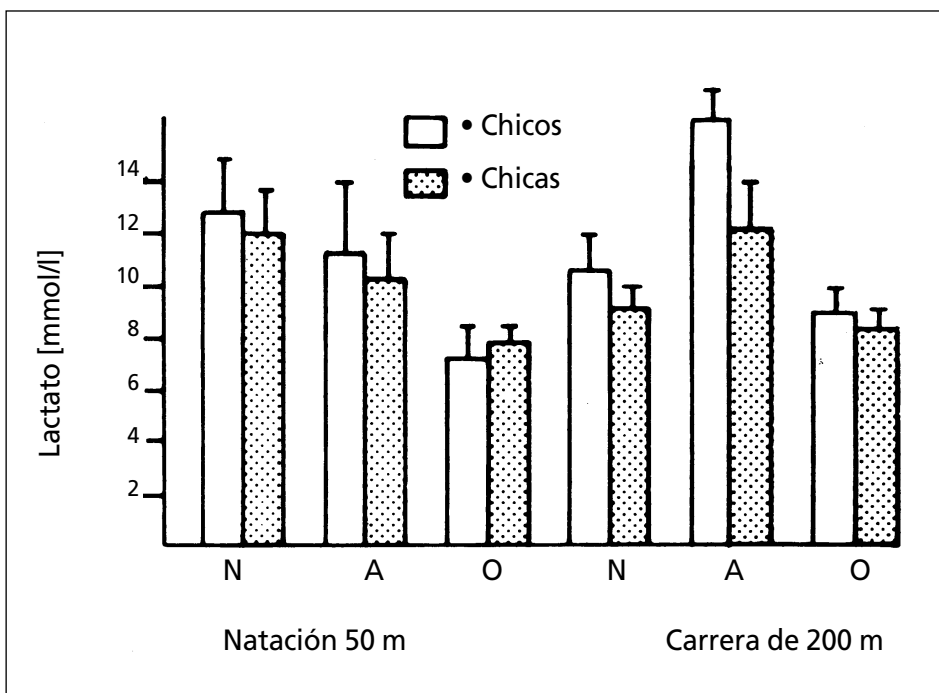


Figura 118. La acumulación de lactato en chicas y chicos de 9 años después de una carga de resistencia a corto plazo en natación y en carrera. N = nadador entrenado; A = atleta entrenado; O = sujeto no entrenado.

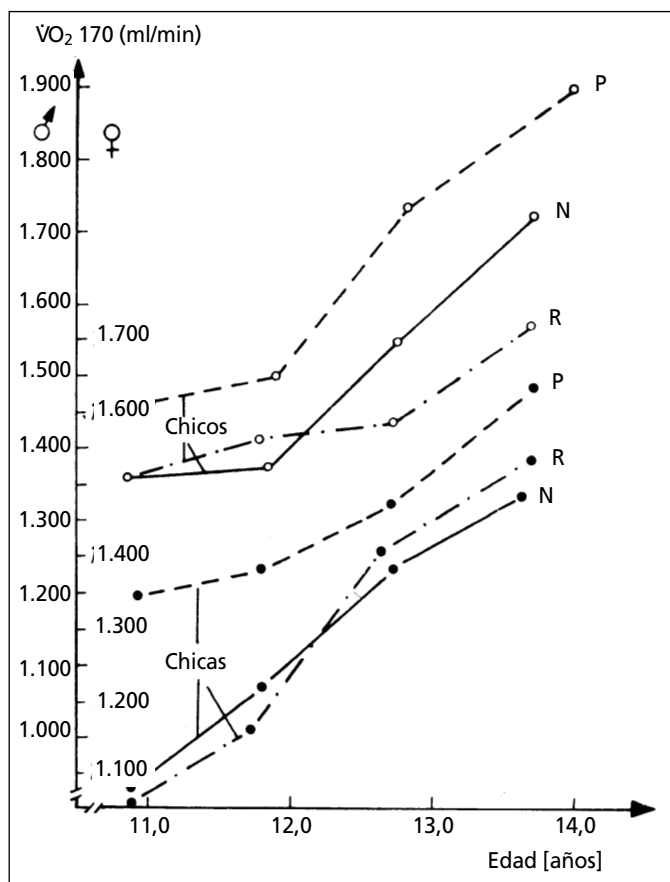


Figura 119. El desarrollo de la capacidad de rendimiento en resistencia (resistencia de base) en el transcurso de los años dependiendo de la precocidad (P), la normalidad (N) o el retraso (R) del desarrollo, sobre el ejemplo de la capacidad de consumo de oxígeno en relación con la frecuencia cardíaca ($VO_2 170$) (de Koinzer, 1980, 204).

de la capacidad aeróbica, sino también del metabolismo anaeróbico (cf. Gürtler/Buhl/Israel, 1979, 70). Por ello resulta lógico mejorar el componente anaeróbico de la capacidad de rendimiento en resistencia a partir del lado aeróbico. En modo alguno debería excluirse el uso moderado de formas de entrenamiento de la resistencia de corta y media duración.

El trabajo de la resistencia, y en consecuencia las distancias de control para calcular la capacidad de rendimiento en resistencia, debería centrarse en todo momento en el volumen y no en la intensidad. Sólo cuando se dominen un determinado volumen y un determinado tiempo de carga, se puede pensar en elevar la intensidad (cf. Zwinger/Gürtler/Kibittel, 1973, 56 s.); Kusnezova/Mjakisev (1976, 830) proponen prolongar la distancia un 10 % cada dos horas de ejercicio e incrementar progresivamente el tiempo de carrera, pasando de 5 a 20 min.

La tarea del deporte escolar y del entrenamiento infantil vinculado a asociaciones deportivas debería ser la creación de una resistencia de base y no la formación de capacidades de resistencia específicas.

La resistencia de base debe conseguirse en esta edad preferentemente con el método continuo y con la velocidad de carrera más regular posible, pues de este modo se aprovecha de la forma más económica la capacidad de rendimiento disponible, sobre todo en niños no entrenados. Se debería evitar las intensidades submáximas y máximas,

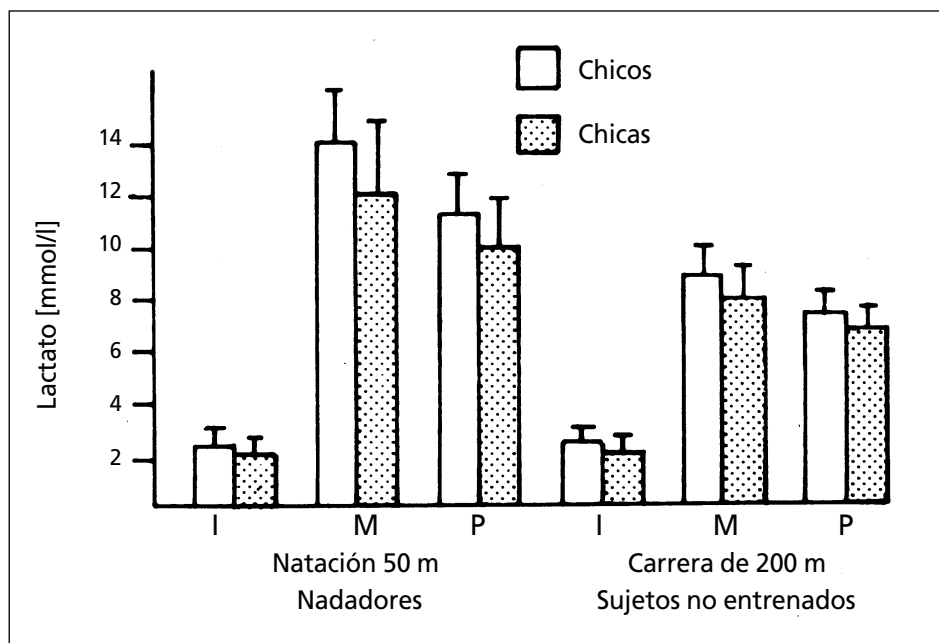


Figura 120. Valores de lactato iniciales (I), máximos (M) y posteriores a la carga (P = después de una recuperación pasiva de 20 minutos) en niños y niñas de 9 años de grupos escogidos, con carga de resistencia de corta duración (de Bormann/Pahlke/Peters, 1981, 199).

así como el cambio de ritmo (desgaste de la capacidad anaeróbica) y los esprints intermedios y finales, pues estas prácticas exigen a los niños –como ya hemos mencionado– tiempos de recuperación excesivos (cf. Wasmund/Novacki, 1978, 68).

Para el entrenamiento de la resistencia en la edad infantil es muy válido (y extrapolable también a los ámbitos juvenil y adulto) el principio de que “no mata la distancia, sino el ritmo”. El problema fundamental no es la duración de la carga, sino su intensidad; en un estudio sobre chicos de 13 años efectuado después de una carrera de 10 km, Haralambie (1976, 454 s.) no ha podido constatar síntomas patológicos de ningún tipo.

Entrenamiento de la resistencia en la primera y segunda fase puberal (pubescencia y adolescencia)

La entrenabilidad máxima se da en los niños sobre todo en los períodos de crecimiento acelerado (cf. Dobrzynski, 1976, 456; Koinzer, 1978, 145). Dado que el organismo infantil experimenta los cambios más radicales en la pubertad, la capacidad de adaptación y por tanto la entrenabilidad son máximas en este momento. El desarrollo de las características físicas como la resistencia y la fuerza es excelente, debido al aumento de peso y estatura producido por el crecimiento (v. Bringmann, 1973, 845; Dietrich y cols., 1974, 142 s.; Israel/Buhl, 1980, 33). En este sentido, el desarrollo de la resistencia tiene su momento de entrenabilidad óptimo sobre todo en el momento del empujón del crecimiento longitudinal, con varias circunstancias asociadas: una relación favorable entre corazón y peso corporal, el desarrollo del crecimiento en anchura (segunda fase puberal) y un fuerte aumento de la musculatura (cf. Komadel 1975, 80).

El desarrollo pleno de la capacidad de rendimiento en resistencia no se alcanza si en la época de la pubescencia no se trabaja suficientemente la capacidad de adaptación funcional (v. pág. 107). Así pues, el entrenamiento en esta edad es un factor decisivo para la posterior capacidad de rendimiento (cf. Kindermann, 1974, 1767; Dietrich y cols., 1974, 142, s.; Sperling, 1975, 71), sobre todo porque en este momento se dispone de una elevada capacidad de carga y tolerancia ante ésta (Köhler, 1977, 608). Dado que en la pubescencia, y sobre todo en la adolescencia, la capacidad anaeróbica aumenta de forma significativa (cf. Labitzke/Vogt, 1976, 153; Wasmund/Novacki, 1978, 68), se puede utilizar en este momento métodos y contenidos de entrenamiento orientados hacia la mejora selectiva de la capacidad de resistencia anaeróbica. No obstante, estos métodos y contenidos deberían dosificarse y aplicarse de forma limitada y muy específica. Hacia el final de la adolescencia se dan ya las condiciones de carga que permiten

un nuevo incremento de la intensidad y del volumen, y por tanto, una creciente aproximación al entrenamiento de los adultos.

Métodos y contenidos de entrenamiento para niños y jóvenes

Los principales métodos de entrenamiento en la edad infantil y juvenil son el método continuo, el método interválico de corta duración y las cargas interválicas. Son inapropiados el método de repeticiones, sobre todo con distancias que exijan un fuerte desgaste de la glucólisis anaeróbica, y el método de competición, sobre todo en el ámbito del medio fondo.

Dado que el entrenamiento de carrera continua puede adquirir un marcado carácter de monotonía, debemos buscar una selección extraordinariamente general y variada para conseguir la necesaria amenidad.

Tampoco deberíamos olvidar que la carrera se puede organizar de forma más atractiva con el uso instrumentos de locomoción (patines de ruedas o de hielo, esquís, etc.).

El gusto por el entrenamiento de la resistencia está estrechamente vinculado con el tipo de realización.

Métodos de entrenamiento para la edad preescolar y escolar temprana y tardía (hasta los 12/13 años)

Los principales métodos de entrenamiento para desarrollar la resistencia de base son el “método interválico”, las cargas interválicas y el método continuo con modificaciones que lo adapten a los niños. El entrenamiento de la resistencia tiene que orientarse en sus métodos y contenidos en función de los hábitos motores “naturales” de los niños. Así pues, no todo lo que se conoce como formas de entrenamiento “clásicas” resulta apropiado para trabajar la resistencia de los niños. Por ejemplo, los “clásicos” del trabajo de la resistencia como la carrera continua y el *fartlek* son “posibilidades cercanas”, no contenidos “de la primera sesión” en el entrenamiento de resistencia con niños y jóvenes (cf. Medler, 1989, 58).

El objetivo superior tiene que ser desarrollar, y después mantener a largo plazo, el gusto por correr mucha distancia y lentamente. Sin embargo esto sólo se consigue mediante lo que podríamos denominar trote interválico, esto es, se recorre al trote un tiempo o una distancia determinados en función de la capacidad de rendimiento y se camina de nuevo para recuperarse. Las cargas continuas en el sentido de estímulos de resistencia sólo son aceptables cuando la atención se centra en otras cosas, por ejemplo, en la actividad con un balón.

Atención. El entrenador o preparador debería establecer las pausas de regeneración cuando los niños o jóvenes no los consideren todavía necesarios. De esta manera se transmite una sensación de “tarea fácil” (cf. Diem, 1984, 108; Medler, 1989, 58).

Al principio podemos plantear carreras de 1, 2 o 3 minutos, interrumpidas por descansos de un minuto caminando. Debemos buscar la distracción durante la carga (elección del terreno, tareas suplementarias, llevar un balón con la mano o con el pie, etc.) y también tareas amenas en los descansos de marcha (episodios de gimnasia, gimnasia respiratoria con ejercicios adecuados a los niños, como, por ejemplo, “cortar troncos”). Si el objetivo lejano es la carrera continua durante 30-40 minutos, el trote interválico debería efectuarse durante este mismo periodo. De aquí se deduce un tiempo total de trote de 20-25 minutos. Dado que los niños prefieren aprender jugando, el trabajo de la resistencia debería adecuarse a su mentalidad. Con un abanico de juegos amenos se trata de desarrollar la resistencia según el principio antes formulado: desde la carga intermitente hasta la carga continua cada vez más larga.

Con la realización de un entrenamiento combinado (trote interválico y juegos de resistencia) se garantiza una forma gradual de incrementar la resistencia psicofísica ante la fatiga. El aumento de la carga física tiene lugar mediante una carga continua progresiva (pasar de fases de carga breves a carreras continuas prolongadas), y el aumento de carga psíquica mediante una reorganización de los contenidos (pasar de formas de juego propias de niños y jóvenes a carreras continuas en el sentido habitual).

Contenidos de entrenamiento para la edad preescolar y escolar temprana y tardía (hasta los 12/13 años)

En esta edad el entrenamiento de la resistencia debería limitarse sobre todo al juego de movimiento –el interés se centraría aquí en la alternancia sin presión entre carga y recuperación de forma interválica– y a las carreras continuas planteadas de forma amena.

La siguiente selección de contenidos de entrenamiento diversos está dividida en etapas de edad sólo desde un punto de vista formal. Esta división significa sólo que determinados contenidos de entrenamiento son especialmente apropiados para una determinada etapa del desarro-

llo, pero son aplicables también en las demás categorías de edad.

Cargas interválicas

- Juegos menores (cf. Döbler, 1976): por ejemplo, todo tipo de juegos de atrapar, relevos, carreras numéricas, juegos de cambio de sitio, “hombre negro”¹, “el oso está suelto”², policías y ladrones, “ciudad-país”³, “cazador con balón”⁴, etc.
- Juegos menores en equipo: trompos, “balón contra torre”⁵, “balón rodante”⁶, minibaloncesto, etc.
- Carreras de figuras: el profesor dibuja, con la máquina de trazar líneas, figuras de diferente tamaño (siluetas de animales etc.) por las que hay que ir pasando unos tras otros (o bien durante un cierto tiempo).

Variaciones

- Los grupos de corredores “dibujan” figuras sobre el campo de juego.

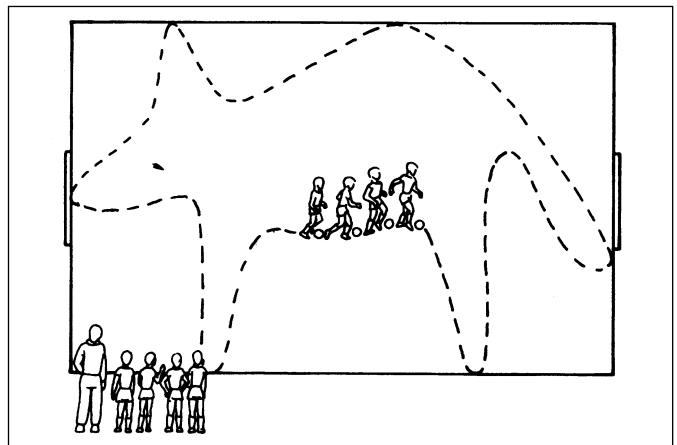


Figura 121. Carrera de figuras.

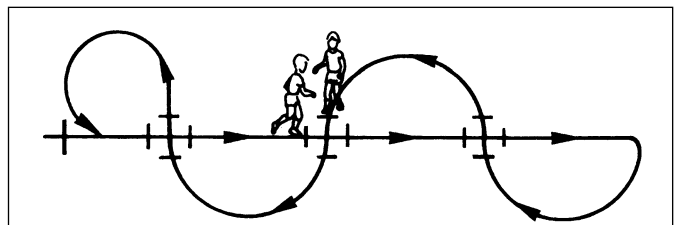


Figura 122. Juego del tráfico: el que viene por la derecha tiene preferencia (de Weineck, 1990, 137).

¹ Todos los niños tienen un balón y se sitúan en la línea de fondo del campo de juego. Un niño –igualmente con balón– se sitúa como “hombre negro” del otro lado y grita: “¿Quién tiene miedo del hombre negro?” Los niños responden: “¡Nadie!” y corren todos, intentando esquivar al “hombre negro”, hacia el otro lado del campo, mientras éste intenta atrapar niños que en la próxima serie le ayudarán a atrapar.

² Primero se acuerda una guarida y un oso. Alguien empieza el juego gritando: “¡El oso está suelto!” A continuación el oso intenta atrapar a jugadores y arrastrarlos a su cueva; allí el jugador atrapado se convierte en oso y puede cazar a otros jugadores.

³ Se establecen categorías: países, ciudades, ríos, profesiones, animales, etc... y se dice al azar letras del alfabeto. Se trata de rellenar cada casilla con un ejemplo que empiece por la letra en cuestión.

⁴ En el campo de juego viven las liebres; a su alrededor el malvado cazador intenta abatir una liebre con un balón. Las liebres cazadas se convierten en cazadores.

⁵ La torre consta de 3-5 palos (1 m aprox.). Un jugador es el vigilante. Los demás son atacantes, su arma es un balón pequeño y blando que se lanza con la mano. El objetivo es derribar la torre. Los atacantes no pueden acercarse a la torre (círculo alrededor de ésta de 1,5 m de diámetro aprox.). El ataque ha tenido éxito cuando el balón entra en la superficie delimitada por los palos o cuando la torre se derrumba. Se juega limitando el tiempo o los lanzamientos.

⁶ Partido de fútbol haciendo rodar el balón con la mano.

- Dos grupos corren alternativamente dibujando sobre el terreno figuras que ellos mismos han inventado. El grupo que se queda atrás tiene que adivinar las figuras.
- El primer jugador de cada grupo dibuja trotando una figura sobre el campo de juego. El grupo que corre con él tiene que adivinar la figura.
- Los grupos de corredores “escriben” la fecha del día sobre el campo de juego.
- Juego del tráfico (v. fig. 122).
- Carrera de orientación en la escuela (cf. Müller, 1980, 22; Weichert 1980, 30).
- Trote interválico con disputa de juegos en los descansos (tomado de Meder, 1989, 63).

El entrenador trota con sus jugadores en intervalos correspondientes a su estado de rendimiento. En los descansos se realizan competiciones de malabarismos. ¿Quién mantiene el balón más tiempo en el aire con la ayuda del empeine, el muslo o la cabeza (fig. 123)?

Variaciones

- Se lleva el balón mientras se trota: en el descanso los jugadores, agrupados en parejas, compiten haciendo malabarismos. El balón lo lleva uno de los dos jugadores o bien se dejan los balones en un lugar al que se va corriendo después de cada fase de trote.
- Trote interválico con pases cortos. Parejas de jugadores se pasan el balón durante el trote interválico en distancias cortas. En los descansos se compite haciendo malabarismos.
- Biatlón (de Medler 1989, 64). En el biatlón se combinan la carrera continua y los ejercicios de habilidad. Después

de un rendimiento de carrera continua (una vez, dos, etc., alrededor de la cancha de juego, en un trayecto determinado por las instalaciones, en un recorrido circular por campo abierto o campo a través) tiene que efectuarse una tarea suplementaria en una estación fija (p. ej., golpear con el balón un cono o el muro junto a la portería). Se puede disparar con la mano o con el pie (más difícil). Por cada intento fallido se tiene que correr una vuelta de castigo antes de volver al trayecto de carrera. Cuanto más largo sea el recorrido de carrera establecido, más se activan en este fatigoso juego los mecanismos aeróbicos de suministro energético y menos los anaeróbicos.

Variaciones

- Biatlón sin vuelta de castigo. En esta variante los corredores, uno por uno o por equipos (grupos), cumplen con la tarea completa (p. ej., cada miembro tiene que derribar un cono o alcanzar de un disparo la pared de la portería) antes de que se les permita efectuar la siguiente vuelta corriendo.
- Biatlón llevando el balón. Durante el recorrido de carrera los jugadores llevan con los pies el balón que se necesita para la tarea suplementaria.
- Biatlón con estimación de tiempo. Cada corredor, o bien el grupo, calcula con antelación el tiempo de carrera para un número de vueltas determinado, incluidas las vueltas de castigo. El vencedor es el jugador o el grupo que más se acerque al tiempo estimado.
- “Carrera de la edad”. ¿Quién es capaz de correr tantos minutos como años tiene?
- Cross y carreras a campo abierto de todo tipo.
- Carreras por minutos (¿quién corre 1, 2, 3 min etc.?).

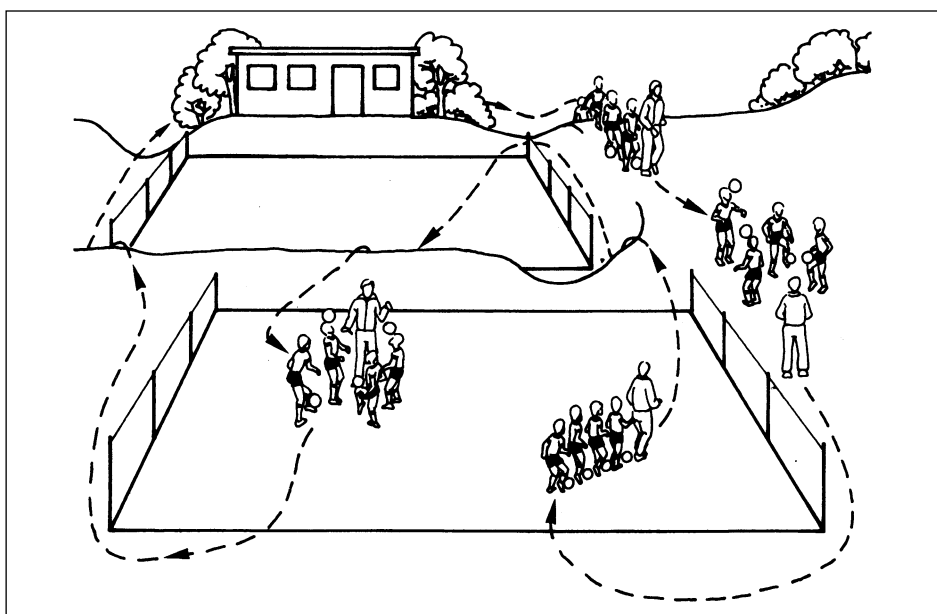


Figura 123. Trote a intervalos con disputa de juegos en los descansos.

- Carreras por minutos según el sistema piramidal (carreras de 1-2-3-2-1 minutos con descanso de un minuto entre ellas).
- ¿Quién consigue el diploma de resistencia I, II, III (correr 5, 10, 15 minutos sin descanso caminando)?
- Carrera de disminución (5, 4, 3, 2, 1 min o determinadas distancias de longitud decreciente).
- Correr en el laberinto (fig. 125). En esta forma de juego se tiene que recorrer una distancia relativamente grande –a ser posible en un terreno que se abarque mal con la vista–, con lo cual el alumno centra su atención para encontrar el camino y se olvida de la fatiga.
- Trote contra conducción del balón. Los niños forman parejas; al correr uno lleva el balón con el pie, mientras

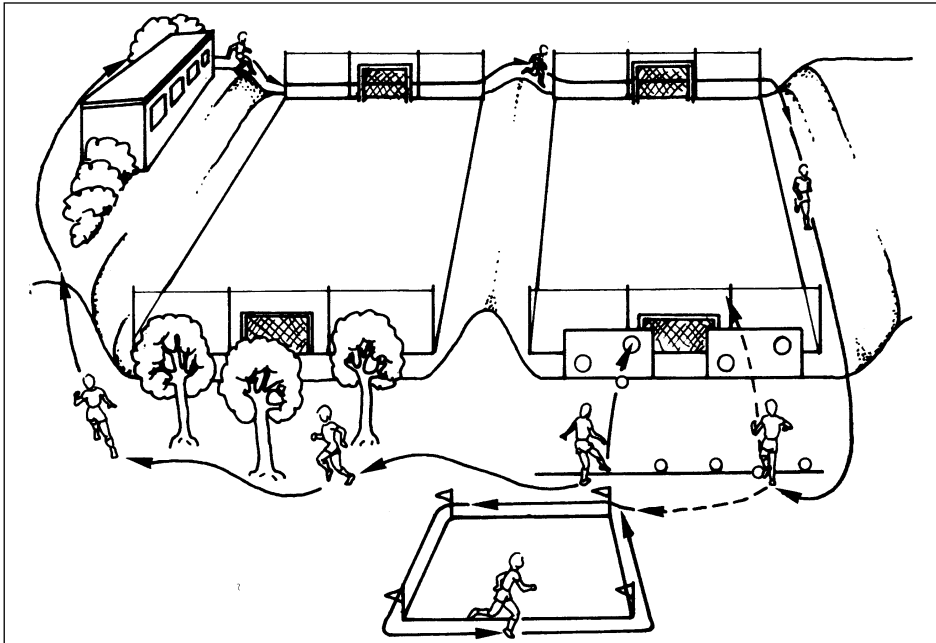


Figura 124. Biatlón.

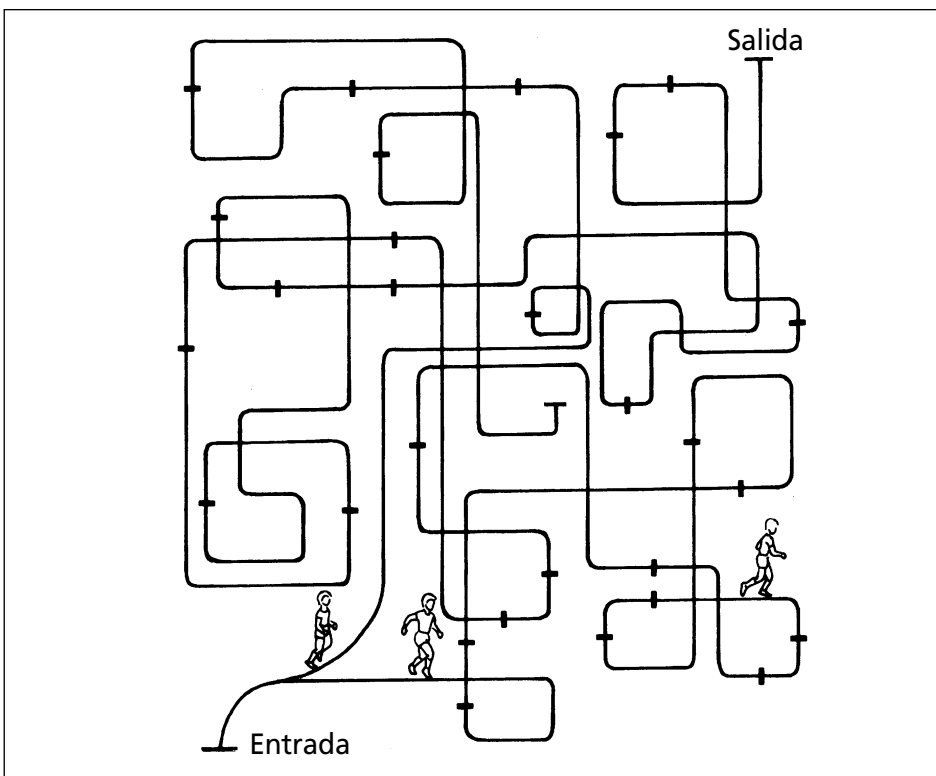


Figura 125. Correr en el laberinto.

que el otro va sin balón. ¿Quién tiene la mejor sensación de tiempo? En la siguiente ronda se cambian los papeles.

- Carrera con estimación de tiempo sobre un recorrido circular. Se indica con antelación a los niños el recorrido y su longitud (o bien se corre la distancia una vez sin información previa). ¿Quién se aproxima más al tiempo propuesto al principio?
- Carreras en triángulo (cuadrado) (v. fig. 126). La figura 126 muestra el esquema de una carrera en triángulo: para trabajar con un ritmo de carrera mediano y constante se tienen que alcanzar metas determinadas (banderas en las esquinas del triángulo, etc.) en un tiempo establecido previamente. El que corre demasiado rápido tiene que esperar trotando a que un toque de silbato le autorice a reanudar la carrera. Para la diferenciación del rendimiento se pueden elegir diferentes longitudes del lado o de los radios.

La forma de entrenamiento puede disfrazarse con los siguientes temas:

- Caza del pañuelo.
- Correr en 1ª, 2ª y 3ª marcha (del automóvil).
- Correr en “calles” con diferentes niveles de velocidad.

Métodos y contenidos de entrenamiento para la primera y segunda fases puberales

Como métodos interesan aquí sobre todo el método continuo y el interválico (extensivo e intensivo). No obstante, el método continuo no sólo se utiliza con velocidad constante, sino también con cambios de ritmo.

Cargas según el método interválico

- Entrenamiento interválico, según el método extensivo sobre todo, y con distancias más prolongadas, que se deberían correr en un tiempo orientativo, no demasiado rápido.
- Carrera americana (relevos continuos: tres corredores ubicados cada 400 m).
- Carreras en cuesta (pendientes moderadas).
- Carreras con cambio de ritmo (según el principio interválico y continuo, fig. 127).

Como forma de juego se puede utilizar: “el último esprinta hacia delante”. Esta forma es especialmente apropiada para el entrenamiento en pista; en carreras campo a través sólo se debería plantear con el terreno en buenas condiciones (prevención de accidentes).

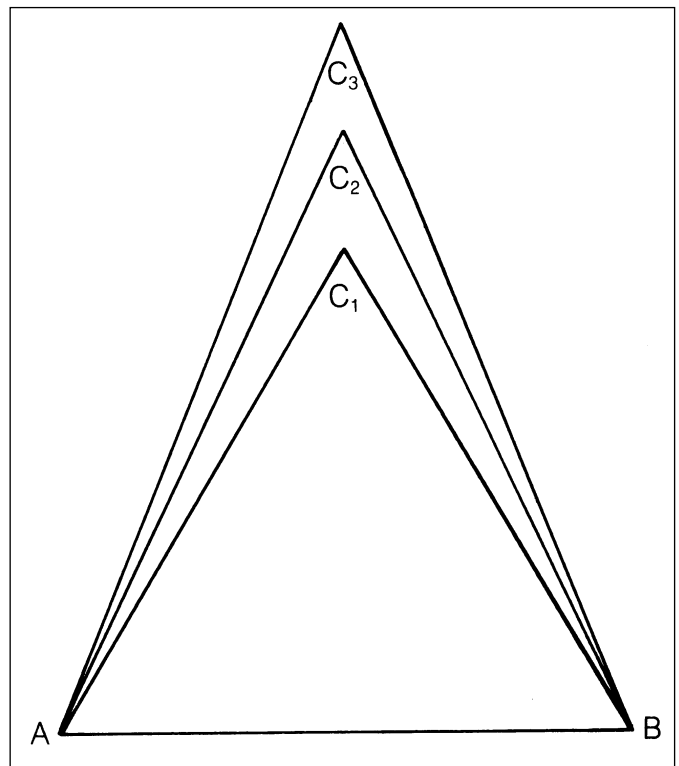


Figura 126. Carrera en triángulo, con longitudes variables del lado.

Cargas según el método continuo

Se debería buscar una velocidad constante; el profesor corre por delante a una velocidad que puedan seguir también los más débiles, y nadie puede adelantarle; posteriormente le sustituyen los alumnos (los más débiles).

Se puede amenizar todas las formas de la resistencia acompañándolas de conducción de balón (con la mano o el pie; en carrera entre dos, etc.).

A continuación describiremos algunas formas de juego enfocadas a la resistencia y susceptibles de ser utilizadas en el entrenamiento de niños y jóvenes (cf. Buschmann, 1986, 92 s.; Medler, 1989, 59 s.; Weineck, 1990, 136 s.). El planteamiento de la tarea debe asegurar un ritmo de carrera constante.

• Carreras de sensación de tiempo

Los niños corren 1, 2, 3 minutos, etc. –si es posible con balón– en recorridos libres por el campo de juego. El que piensa que ha transcurrido ya el tiempo de carrera establecido se detiene. ¿Quién tiene la mejor sensación de tiempo?

Variaciones

- Carrera por minutos con tareas específicas. Los niños llevan el balón durante 1, 2, 3 minutos etc. hacia diferentes metas (banderines, neumáticos, etc.) y vuelven “a su debido tiempo” a donde está el entrenador.
- Carrera en tándem. Los niños llevan el balón entre dos durante 2 minutos a lo largo de una serie de marcas en el terreno de juego y vuelven al punto de reunión. ¿Qué pareja tiene la mejor sensación de tiempo?
- Carrera a tres. En grupos de tres se corre llevando libremente el balón durante 3 minutos campo a través, por un terreno delimitado con banderines. ¿Qué grupo de tres tiene la mejor sensación de tiempo?

• Carreras con vuelta

Las carreras con vuelta se pueden efectuar con y sin balón, dentro del grupo o como competición entre grupos, en la cancha o en campo abierto. La idea básica es en todas partes la misma: los jugadores trotan junto con el entrenador

en un sentido determinado alrededor de un rectángulo trazado y señalado con marcas. El entrenador establece el ritmo de carrera. Después de un tiempo determinado (1, 2, 3 minutos, etc.) el entrenador cesa en su papel de “liebre” y el grupo emprende en solitario el camino de vuelta.

La idea del juego consiste en mantener el mismo ritmo de trote en el camino de vuelta, de forma que los corredores se encuentren en el punto de partida una vez transcurrido el doble de tiempo. ¿Quién tiene la mejor sensación de ritmo?

• Carreras de estimación del tiempo

Antes de la carrera en una distancia previamente establecida se calcula (y se anota) el tiempo de carrera (trote), y se compara después con el tiempo realmente empleado, por ejemplo, desde el punto de partida en diagonal a través del terreno de juego, alrededor de la portería de fútbol y nuevamente de vuelta. ¿Quién tiene la mejor sensación de tiempo?

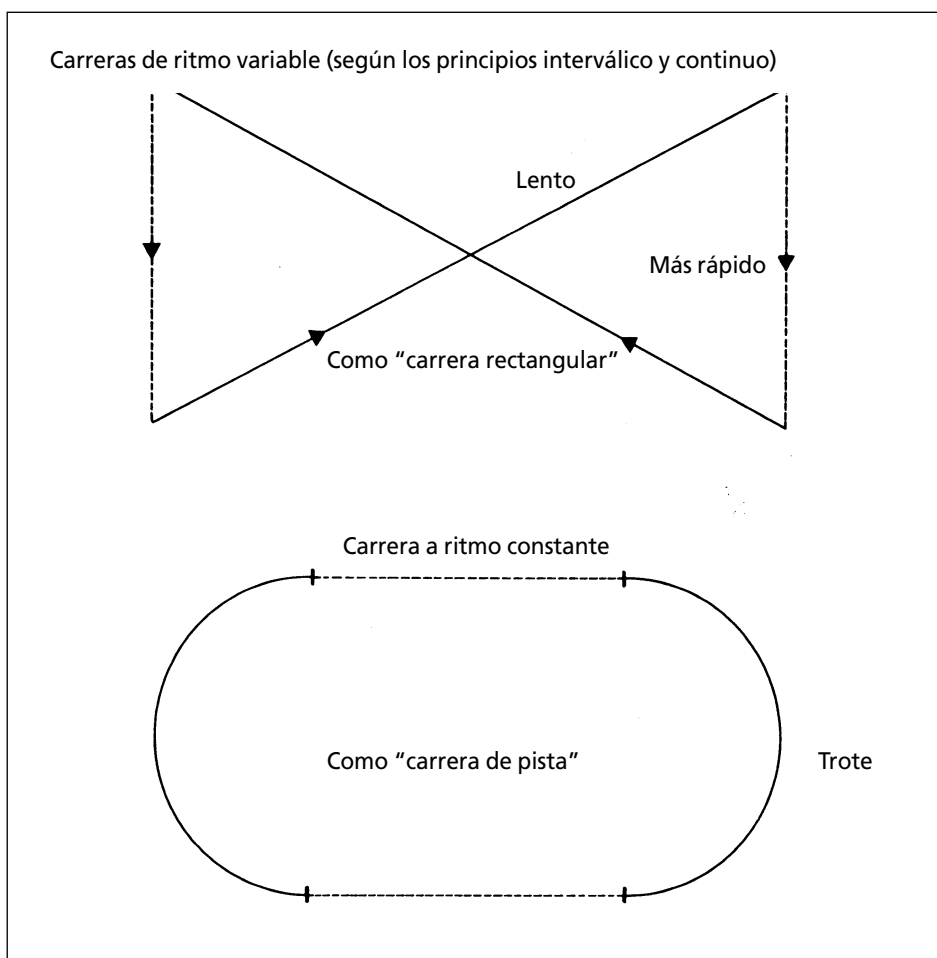


Figura 127. Carrera de ritmo variable en pista o en un rectángulo.

Variaciones:

- Carrera de estimación del tiempo llevando el balón. Se lleva el balón con el pie en la distancia establecida.
- Carreras campo a través.
- Carreras con compañero en bicicleta de 5, 10, 15 km: el compañero 1 pedalea junto al compañero 2, que corre, y se cambian los papeles cuando aparecen síntomas de fatiga en el corredor.

Atención. Se debe garantizar la seguridad vial (buscar carreteras poco transitadas o carril-bici). La elección de compañeros debería reunir un corredor bueno y uno débil.

Esta forma de entrenamiento puede realizarse también en grupo (con tres o cinco compañeros en bicicleta).

- Todos los juegos mayores (adaptar las reglas de tal forma que el flujo del juego se interrumpa lo menos posible).
- Triatlón, tetratlón, pentatlón de resistencia: en diferentes modalidades, dependiendo de las posibilidades, se elige una distancia larga manteniendo una proporción temporal entre las diferentes modalidades. Gana el que obtiene el menor tiempo global.

Como modalidades tenemos: carrera, natación, bicicleta y, según las circunstancias, remo; en invierno, esquí de fondo o patinaje de velocidad en distancias largas.

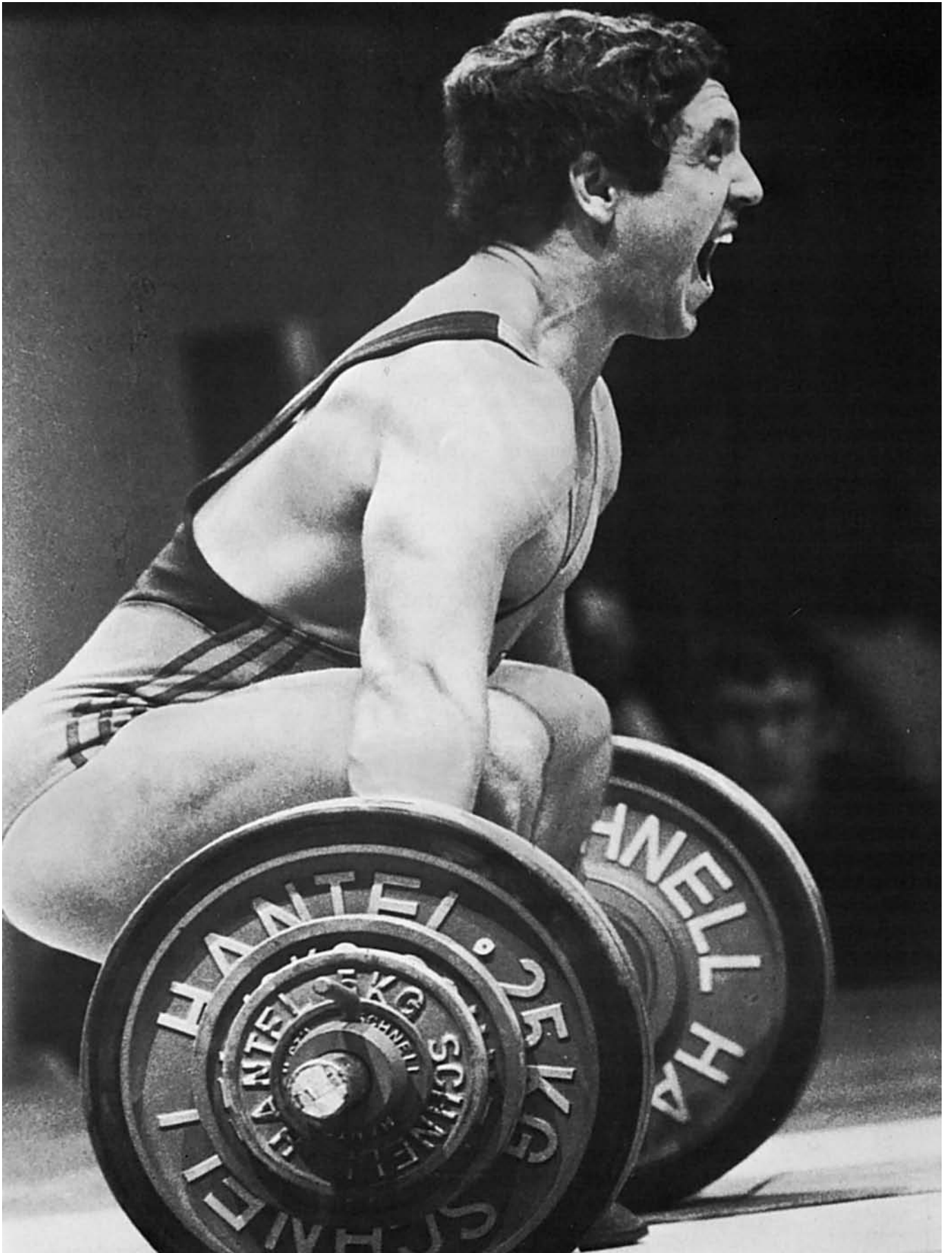
- En la clase de educación física se debería conceder un lugar de preferencia al triatlón de resistencia *carrera-natación-ciclismo*, para ofrecer una alternativa que rompa la habitual monotonía del entrenamiento de resistencia escolar y mejore al mismo tiempo la capacidad de rendimiento en resistencia.
- Carreras de resistencia con componente de velocidad, por ejemplo, 14 minutos de carrera continua + 1 minuto de velocidad (o bien 13 : 2, etc.).
- Carreras de velocidad continua, dado el caso también como carreras de obstáculos (indicadas para alumnos más débiles). **Atención.** Este tipo de entrenamiento se debe efectuar sólo después de una buena preparación y no muy a menudo).
- Carreras de orientación.
- Test de Cooper: ¿qué distancia se puede correr en 12 minutos? (v. pág. 172).
- Test de Conconi (v. pág. 175). Esta prueba es más conveniente que el test de Cooper (estrés prolongado y siempre a la máxima velocidad posible), pues supone una carga psíquica menor y goza de una gran aceptación entre los alumnos.

Esta enumeración de contenidos de entrenamiento no pretende ser exhaustiva; se puede completar y mejorar a discreción. Asimismo, el uso de los diferentes contenidos y métodos de entrenamiento puede experimentar, en fun-

ción de las circunstancias (posibilidades de ejercicio, nivel de rendimiento en resistencia), cambios en cuanto a su distribución en las distintas edades. Lo único importante, sobre todo en el deporte escolar, es familiarizar a niños y jóvenes, lo más pronto posible y a largo plazo, con las modalidades de resistencia mediante un trabajo divertido, lúdico y variado con el fin de aprovechar en un momento posterior las ventajas que ofrece para la salud.

Principios metodológicos básicos para el entrenamiento de la resistencia en las edades infantil y juvenil

- El entrenamiento de la resistencia en las edades infantil y juvenil sirve sobre todo para formar una buena resistencia de base y por tanto para mejorar la capacidad aeróbica.
- Como distancias de test *no* se debería efectuar las carreras de 600-1.200 m, habituales hasta la fecha, pues incluyen componentes anaeróbicos demasiado intensos; se deberían plantear carreras de 5, 10 o 15 minutos con velocidad libre al principio. Sólo después de un determinado volumen de minutos (carreras de entre 15 y 20 minutos) se pueden introducir exigencias mínimas en forma de objetivos aconsejables (no obligatorios).
- En todas las clases de educación física se debería trabajar la resistencia, en cualquier forma y en cantidad suficiente, aprovechando sobre todo los grandes juegos deportivos y los juegos de patio.
- Para trabajar la resistencia aeróbica existe como mucho un inicio demasiado tardío, pero nunca demasiado precoz.
- El mejor momento para entrenar la capacidad de resistencia aeróbica es el año 12/13 de vida en las chicas y el 13/14 en los chicos (cf. Koinzer/Enderlein/Herforth, 1981, 201).
- El entrenamiento de la resistencia debería centrarse sobre todo en el volumen, y no en la intensidad.
- El entrenamiento de la resistencia debería realizarse sin obligaciones externas y de forma diferenciada para cada persona, en función de las circunstancias individuales.
- El entrenamiento de la resistencia debería ser ameno, divertido y adecuado a los niños. Debería distraer y satisfacer la fantasía infantil.
- La elección de los métodos y contenidos de entrenamiento debería efectuarse en correspondencia con las condiciones psicofísicas de niños y jóvenes.
- Conviene explicar, mejor cuanto más pronto, los efectos saludables de un entrenamiento de la resistencia.



13 Entrenamiento de la fuerza

Definición

Una definición precisa de “fuerza”, que abarque sus aspectos tanto físicos como psíquicos, presenta, al contrario que su determinación física (mecánica), dificultades considerables debido a la extraordinaria variedad existente en cuanto a los tipos de fuerza, de trabajo y de contracción muscular, y a los múltiples factores que influyen en este complejo.

Por ello, la precisión del concepto “fuerza” sólo resulta posible en relación con las siguientes formas de manifestación de la fuerza.

Tipos de fuerza

Antes de clasificar en detalle los *tipos* de fuerza debemos señalar que, en principio, la fuerza y sus diferentes formas de manifestación se pueden examinar en todo momento desde el punto de vista de la fuerza *general* y *específica*.

Por fuerza *general* entendemos la fuerza de todos los grupos musculares, con independencia de la modalidad deportiva practicada, y por fuerza *específica* la forma de manifestación típica de una modalidad determinada, así como su correlato muscular específico (esto es, los grupos musculares que participan en un determinado movimiento muscular).

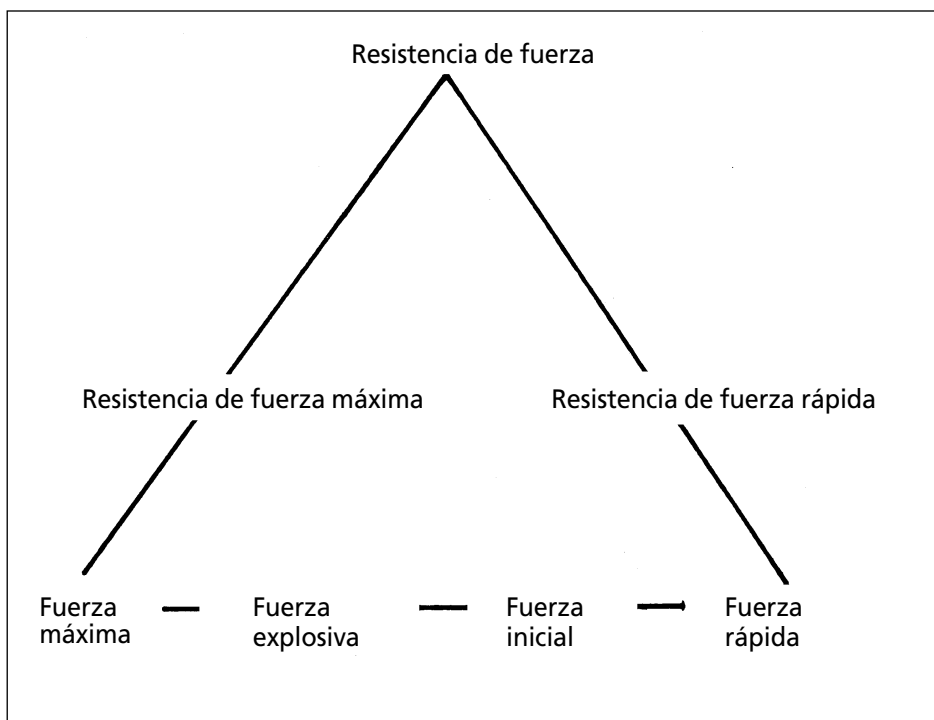


Figura 128. Las interacciones de las tres formas principales de la fuerza.

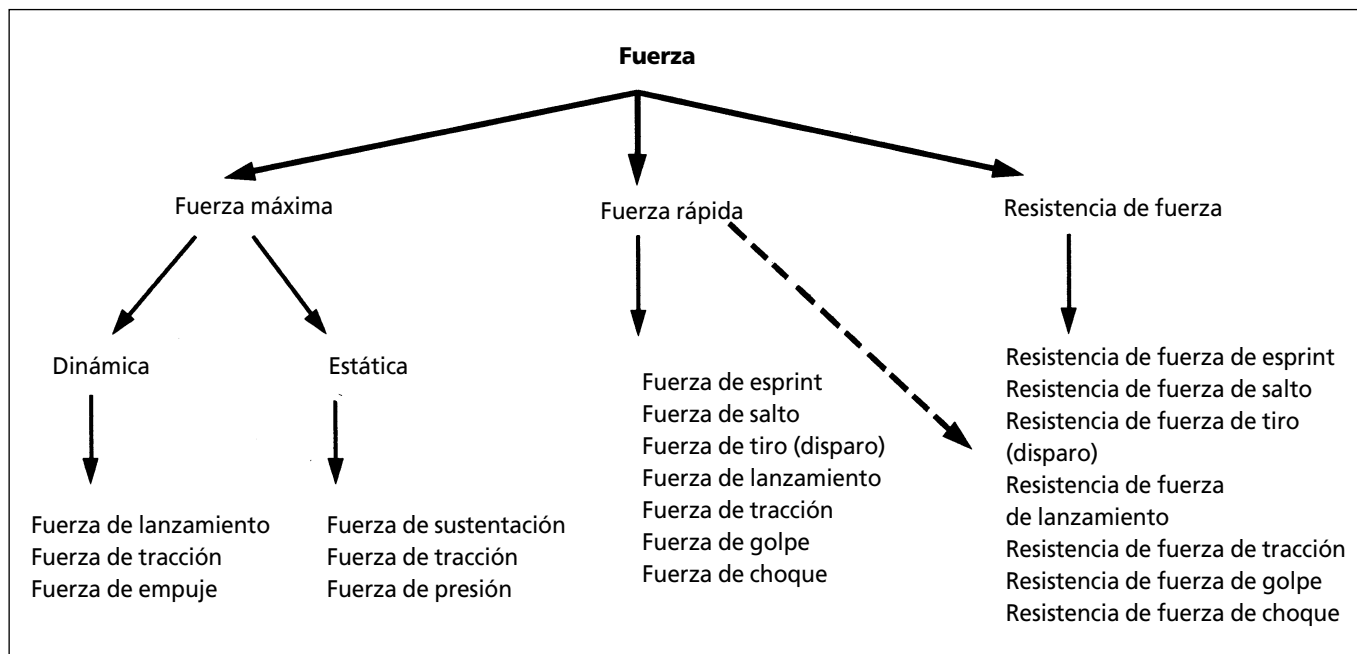


Figura 129. La fuerza y sus diferentes capacidades y formas de manifestación (de Letzelter/Letzelter, 1986, 66).

La fuerza nunca aparece en las diferentes modalidades bajo una “forma pura” abstracta, sino que siempre aparece en una combinación o forma mixta, más o menos matizada, de los factores de rendimiento de la condición física.

De la figura 128 deducimos la existencia de tres formas principales: la *fuerza máxima*, la *fuerza rápida* y la *resistencia de fuerza* (cf. Letzelter, 1972 1821; Harre, 1976, 124; Martin, 1977, 65; Frey, 1977, 340 s.).

La figura 129 muestra las diferentes subcategorías y formas de manifestación de la fuerza máxima, la fuerza rápida y la resistencia de fuerza.

Fuerza máxima

La fuerza máxima es la máxima fuerza posible que el sistema neuromuscular es capaz de ejercer en contracción máxima *voluntaria*.

Mayor aún que la fuerza máxima es la fuerza absoluta: la suma de la fuerza máxima y las reservas de fuerza que se pueden movilizar aún en condiciones especiales (miedo a morir, hipnosis, etc.; v. pág. 221).

La diferencia entre fuerza absoluta y fuerza máxima se denomina “déficit de fuerza”, que puede oscilar entre un 30 % (no entrenados) y un 10 % (entrenados). En la práctica del entrenamiento se puede determinar mediante la diferencia de los rendimientos de fuerza en contracción

muscular máxima isométrica y excéntrica (cf. Letzelter, 1986, 67), y comparando la fuerza isométrica máxima con la fuerza obtenida por medio de electroestimulación máxima (cf. Duchateau, 1993, 52); cuanto más sobrepasen la fuerza excéntrica, o la provocada por electroestimulación, a la fuerza isométrica, mayor será el déficit de fuerza y menor el grado de entrenamiento del deportista.

En cuanto a la fuerza máxima, distinguimos entre fuerza máxima *estática* y *dinámica*. La fuerza máxima *estática* es, según Frey (1977, 341), la fuerza máxima que el sistema neuromuscular es capaz de ejercer con contracción voluntaria contra una resistencia insuperable; la fuerza máxima *dinámica* es la fuerza máxima que el sistema neuromuscular es capaz de realizar con contracción voluntaria dentro de una secuencia motora. La fuerza máxima *estática* es siempre mayor que la *dinámica*, pues una fuerza sólo es máxima si se mantiene un equilibrio entre la carga (carga límite) y la fuerza de contracción del músculo (Ungerer, 1970, 113).

La *fuerza máxima* depende de los siguientes componentes:

- de la sección transversa fisiológica del músculo,
- de la coordinación *intermuscular* (coordinación entre los músculos que colaboran en un movimiento dado),
- de la coordinación *intramuscular* (coordinación dentro del músculo).

La mejora de la fuerza máxima se consigue a través de cada uno de estos tres componentes.

Las aplicaciones de fuerza máxima concéntrica y excéntrica a corto plazo (v. pág. 234) consiguen un aumento de la fuerza sobre todo mediante la mejora de la coordinación *intramuscular*. En cambio, la fuerza de contracción de cada unidad motora se incrementa sólo en escasa medida (Bührle/Schmidtbleicher, 1981, 266).

La mejora de la coordinación *intramuscular* permite, por tanto, un incremento de la fuerza sin aumento sustancial de la sección transversa y del peso, hecho importante sobre todo en las modalidades que necesitan una aceleración del propio peso corporal, como, por ejemplo, el salto de altura.

Desde el punto de vista energético, el papel decisivo en el desarrollo de la fuerza máxima lo desempeñan los *fosforatos ricos en energía* (ATP, PC), pues el momento de desarrollo de la fuerza máxima tiene lugar en fracciones de segundo o en unos pocos segundos: una carga máxima realizada hasta el agotamiento origina rápidamente una acidosis intracelular (aumento del lactato) y por tanto una caída del rendimiento en ámbitos submáximos (fig. 130).

Fuerza rápida

La fuerza rápida tiene que ver con la capacidad del sistema neuromuscular para mover el cuerpo, partes del cuerpo (p. ej., brazos, piernas) u objetos (p. ej., balones, pesos, jabalinas, discos, etc.) con velocidad máxima (v. también pág. 325).

En una misma persona la fuerza rápida puede presentar diferentes grados de manifestación en las diferentes extremidades (brazos, piernas). Un deportista puede disponer de movimientos rápidos en los brazos (p. ej., un boxeador), pero lentos en las piernas (cf. Smith, citado en Hollmann/Hettinger, 1980, 275).

Los movimientos de fuerza rápida están regulados mediante programas, esto es, transcurren según un programa almacenado en el sistema nervioso central. Para los movimientos de fuerza rápida los deportistas con talento presentan un programa motor o temporal llamado "corto", y los menos dotados uno "largo" (cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 18; v. fig. 131). El entrenamiento puede mejorar estos programas temporales dentro de unos ciertos límites.

Los programas temporales son específicos de los movimientos. Los movimientos parecidos en cuanto a su estructura se regulan sobre la base de programas temporales idénticos (Bauersfeld/Voss, 1992, 18).

Los programas temporales cortos se caracterizan por un impulso directo y rápido sobre los músculos principales. El modelo de inervación se caracteriza por fases de preinervación marcadas, ascenso pronunciado de la actividad principal, concentración de la actividad en la primera mitad de la fase de trabajo y buena "coactivación" (colaboración) entre los músculos principales. Como consecuencia de la preinervación se produce una mejora de la reactividad de los husos musculares y una mayor rigidez y elasticidad del músculo. El ascenso pronunciado de la actividad (concentración de la actividad en la primera mitad de la fase de trabajo) crea las condiciones necesarias para una contracción rápida e intensa.

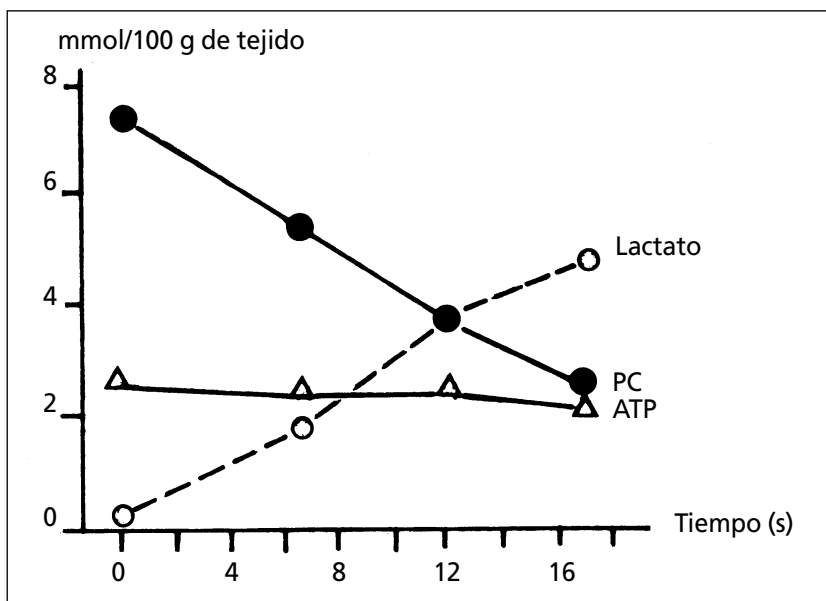


Figura 130. Cambios en la concentración de ATP, PC y lactato en el músculo vasto lateral después de contracciones máximas (de Bergström y cols., 1971, citado en Asmussen, 1979, 316).

El modelo de inervación del programa temporal largo no muestra una activación rápida de los músculos principales. Las fases de preinervación están mucho menos marcadas o no existen en modo alguno, y el posterior desarrollo de la actividad está interrumpido por fases de actividad reducida, fases de meseta o valle (cf. fig. 131, Bauersfeld/Voss, 1992, 18).

Si bien en épocas anteriores se defendía la existencia de una estrecha relación entre la fuerza máxima isométrica y la rapidez del movimiento (el aumento de la fuerza isométrica se asociaba siempre a una mejora de la rapidez del movimiento [cf. Bührle/Schmidtbleicher, 1981, 262]), en la actualidad el influjo de la fuerza máxima sobre la fuerza rápida y sus categorías subordinadas se contempla desde una perspectiva más detallada y crítica. La noción de fuerza máxima como fuerza básica relativamente poco específica pierde terreno a favor de una fuerza rápida específica, que tiene en cuenta no sólo la estructura muscular, sino también la coordinación intramuscular e intermuscular, los modelos de inervación correspondientes, el ángulo de trabajo y el tipo de fatiga muscular (cf. Reiss/Pfeiffer, 1991, 186 s., y Duchateau, 1993, 25 s.).

Si se incrementa la carga que hay que superar, aumenta también la importancia de la fuerza máxima para la fuerza rápida. Por ejemplo, al flexionar el codo con un pe-

so del 13 % del peso máximo, la velocidad del levantamiento del peso depende un 39 % de la fuerza máxima; este último porcentaje se eleva hasta un 71 % si el peso que levantamos alcanza el 51 % del peso máximo (cf. Verjovanski, 1978, 60).

El grado de correlación entre fuerza máxima y velocidad de movimiento aumenta con el incremento del peso.

La figura 132 muestra que las curvas fuerza-tiempo con diferentes cargas dinámicas y con desarrollo isométrico de la fuerza presentan el mismo ascenso, lo cual significa que la capacidad de fuerza rápida se refleja en la práctica de igual manera con contracción dinámica que con contracción isométrica.

La pendiente de la curva de ascenso de la fuerza como parámetro de la *capacidad de fuerza rápida* –se puede denominar también *velocidad acíclica* (v. pág. 371)– depende principalmente de tres factores:

1. *Del programa temporal en cuestión*

Los programas temporales –que consisten, como ya hemos mencionado, en series temporalmente ordenadas de

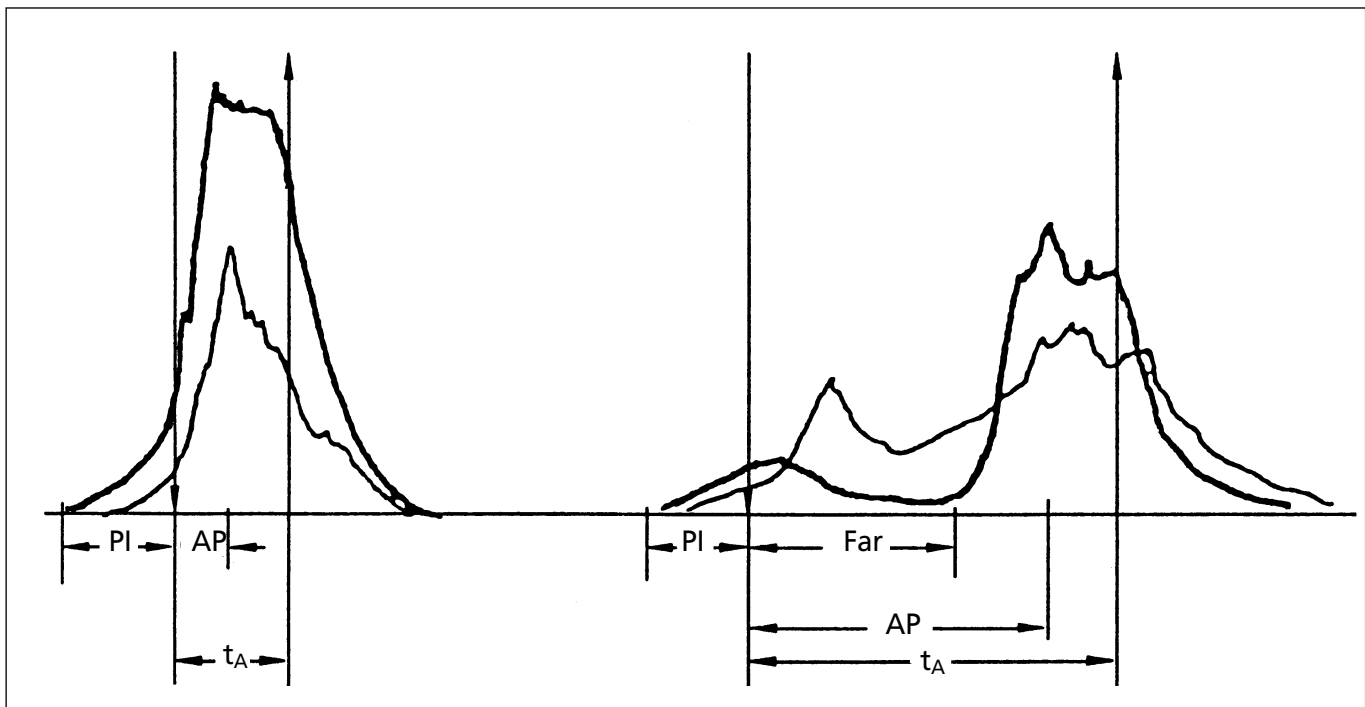


Figura 131. Representación gráfica de ejemplos de un modelo de inervación corto (izquierda) y de un programa temporal largo (de Bauersfeld/Voss, 1992, 19).

PI = Duración de la preinervación (ms)
 Far = Fase de actividad reducida (ms)
 AP = tiempo de actividad hasta el primer pico.

t_A = fase de actividad principal
 Trazo grueso = músculo gastrocnemio
 Trazo fino = músculo recto femoral

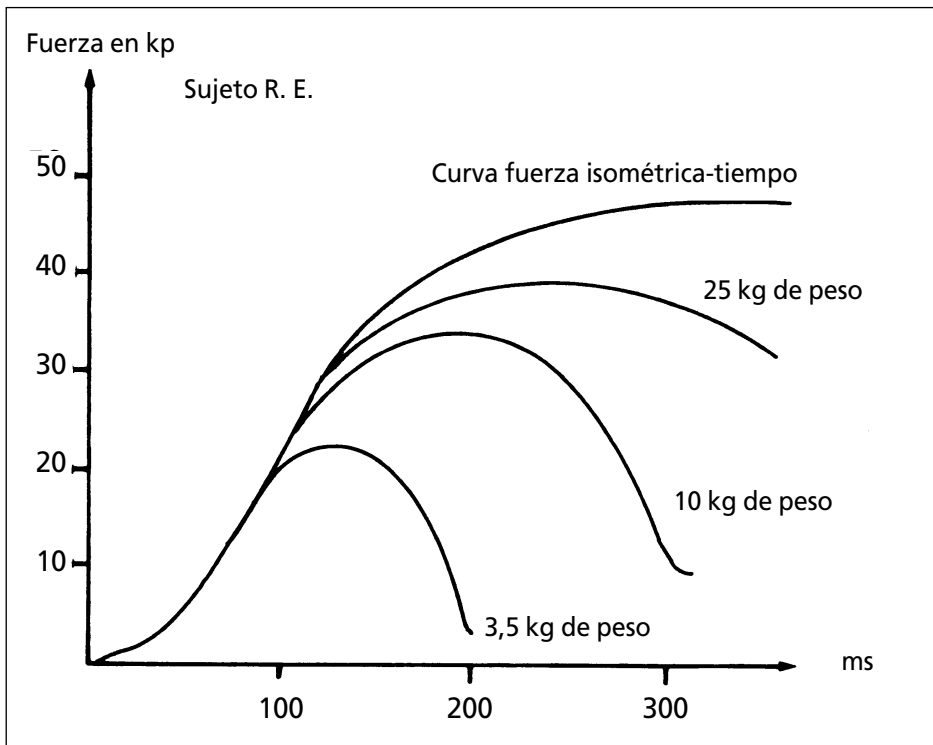


Figura 132. Curvas-fuerza-tiempo con diferentes niveles de carga dinámica y con contracción isométrica (Bührlé/ Schmidtbleicher, 1981, 267).

impulsos (eléctricos) que activan los músculos necesarios para el correspondiente movimiento— son modelos motores elementales, independientes de la fuerza, importantes sobre todo con movimientos balísticos.

Los movimientos balísticos implican aplicaciones explosivas de la fuerza, caracterizadas por un tiempo de arranque breve, una velocidad máxima y la imposibilidad de corrección mientras se ejecutan. Se trata, por tanto, de contracciones de velocidad máxima, que transcurren de forma programada con antelación (cf. también Tidow/Wiemann, 1993, 93).

Las diferencias cualitativas se ven reflejadas en los saltos —p. ej., los saltos en profundidad (pliométricos)— en el sentido de que el programa temporal corto presenta tiempos de contacto con el suelo por debajo de 170 ms, mientras que el largo presenta valores superiores (Bauersfeld/Voss, 1992, 18).

2. Del tipo de fibras musculares activadas

Como muestran varios estudios bioquímicos, el grado de asentamiento del impulso de fuerza inicial está en correlación directa con el porcentaje de fibras FT, al contrario que el desarrollo de la fuerza máxima, en el cual participan tanto las fibras FT como las ST (cf. Bosco/Komi, 1979, 275).

Como muestra la figura 32, las fibras II b presentan el tiempo de contracción más rápido de las fibras musculares

de contracción rápida (fibras de tipo II, subdivididas en fibras II c, II a y II b), y por tanto también la velocidad de contracción máxima. Las fibras II b se pueden entrenar de forma selectiva mediante el correspondiente entrenamiento (v. pág. 255), de modo que se puedan aprovechar para determinados movimientos de fuerza rápida.

3. De la fuerza de contracción de las fibras musculares utilizadas, esto es, de la sección transversa de las fibras musculares de contracción rápida necesarias para los movimientos rápidos máximos, en particular de las fibras II b.

En el ámbito de la fuerza rápida podemos distinguir, desde el punto de vista de la metodología del entrenamiento, entre fuerza inicial y fuerza explosiva.

Por *fuerza inicial* —una subcategoría de la fuerza explosiva— entendemos la capacidad para efectuar un recorrido ascendente de la fuerza muy intenso al inicio de la contracción muscular.

La *fuerza inicial* es determinante para el rendimiento con movimientos que requieren una velocidad inicial elevada (p. ej., boxeo, esgrima); se basa en la capacidad para movilizar el mayor número posible de unidades motoras al comienzo de la contracción, generando así una fuerza inicial elevada.

La fuerza inicial se basa sobre todo en la velocidad del programa motor (v. punto 1), y presenta un cierto grado de independencia con respecto de la fuerza.

Por *fuerza explosiva* entendemos la capacidad para efectuar un recorrido ascendente de la fuerza lo más pronun-

ciado posible: la atención se centra en el incremento de fuerza por unidad de tiempo. La *fuerza explosiva* depende de la velocidad de contracción de las unidades motoras de las fibras FT, del número de unidades motoras contraídas y de la fuerza de contracción de las fibras reclutadas.

La fuerza explosiva se beneficia igualmente de un programa temporal rápido, si bien depende en gran medida del nivel de la fuerza máxima, ya que el peso suplementario sometido a aceleración es elevado.

En conclusión:

Con resistencias escasas predomina la fuerza inicial; al aumentar la carga y al prolongarse la aplicación de fuerza, predomina la fuerza explosiva y, finalmente, con cargas muy elevadas, la fuerza máxima (cf. Letzelter, 1978, 136).

La fuerza rápida depende en gran medida de factores específicos de la modalidad y del entrenamiento (cf. Duchateau, 1992, 45 s., v. pág. 229).

Resistencia de fuerza

La resistencia de la fuerza es, según Harre (1976, 125), la capacidad del organismo para soportar la fatiga con rendimientos de fuerza prolongados. Los criterios de la resistencia de fuerza son la intensidad del estímulo (en porcentaje de la fuerza de contracción máxima) y el volumen del estímulo (suma de las repeticiones). El tipo de suministro energético es resultado de la intensidad de la fuerza, del volumen y la duración del estímulo (v. Frey, 1977, 345/346).

Las capacidades de resistencia de fuerza deberían enfocarse, según Neumann (1989, 138 s.) sobre todo hacia una adaptación en cuanto al potencial de fuerza de las fibras musculares lentas (de funcionamiento oxidativo) y rápidas. Esto incluye, en su opinión, transformaciones de los programas neuromusculares reguladores y de las estructuras contráctiles del músculo.

Como muestra la figura 133, al aumentar el peso que se supera disminuye el número de repeticiones posibles.

Dado que a partir del 20 % de la fuerza de contracción máxima isométrica comienza a empeorar el riego sanguíneo arterial en el músculo (a partir del 50 % se produce una oclusión completa de los vasos), la *resistencia de fuerza* presenta, dependiendo de la intensidad de la fuerza de contracción desarrollada, más componentes de metabolismo aeróbico, más de metabolismo anaeróbico o bien una situación mixta (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 335). Por ello, la práctica del entrenamiento debe tener en cuenta la situación de carga específica de la modalidad.

En el desarrollo de las capacidades de resistencia de fuerza hemos de tener presentes los siguientes requisitos básicos (Reiss, 1992, 18):

- Las capacidades de resistencia de fuerza son un factor determinante para el rendimiento en todas las modalidades de resistencia con una delimitación clara, específica de la disciplina y con una importancia creciente.
- Un entrenamiento eficaz de la resistencia de fuerza tiene que garantizar sobre todo un desarrollo diferenciado de las capacidades de fuerza propias de la disciplina para obtener rendimientos (de propulsión) elevados en el arranque, durante el trayecto (distancia) y en el esprint final.
- Los principales criterios de un entrenamiento eficaz de la resistencia de fuerza son:
 - resistencias mayores que en competición,
 - repetición múltiple de estímulos de entrenamiento,
 - aproximación/coincidencia de las formas de entrenamiento con las gráficas fuerza-tiempo de la estructura motora de la competición,
 - orientación hacia los grupos musculares principales (agonistas y antagonistas),

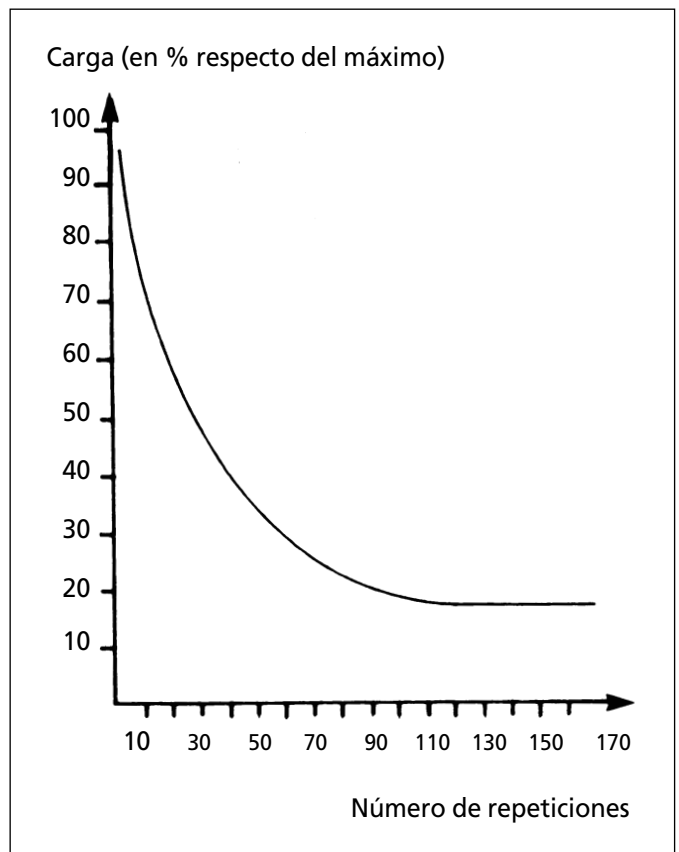


Figura 133. Representación gráfica de la dependencia entre intensidad de la carga y el número de repeticiones (de Zaziorski/Volkov/Kulik, citado en Matveiev, 1981, 52).

- efecto fisiológico controlado,
- disposición en bloque dentro del microciclo.
- Las capacidades de fuerza específicas de la modalidad necesitan su desarrollo/estabilización durante todo el año, hasta que la competición decisiva se encuentre relativamente cercana. Ello exige el incremento de los estímulos de entrenamiento de la fuerza a lo largo de los microciclos y mesociclos del año.
- Un entrenamiento eficaz de la resistencia de fuerza exige una evolución sistemática del uso de los medios de entrenamiento a lo largo del año.
- El contenido principal del entrenamiento de fuerza tiene que coincidir con (ajustarse a) la principal tarea planteada en cada microciclo y mesociclo.
- El estadio de desarrollo de las capacidades de fuerza específicas de la disciplina (el efecto del entrenamiento) tiene que controlarse regularmente, y la posibilidad de reproducir el entrenamiento de fuerza efectuado tiene que garantizarse mediante la correspondiente documentación del entrenamiento.

Una forma especial de la *resistencia de fuerza* es la *resistencia de fuerza rápida*. Tiene una importancia excepcional

en todas las modalidades en las que deciden los movimientos de fuerza rápida de extremidades o de tronco prolongados durante mucho tiempo, como, por ejemplo, en boxeo, esgrima, patinaje artístico y en todos los grandes juegos (fútbol, voleibol, etc.).

La *resistencia de fuerza rápida* depende en gran medida de la velocidad de la capacidad de recuperación y, por tanto, de una capacidad bien desarrollada de rendimiento en resistencia, tanto general como local, aeróbica y anaeróbica.

Distinguimos entre resistencia de fuerza *general* y *local*, *dinámica* y *estática*. Por resistencia de fuerza *general* entendemos la capacidad de la periferia corporal para soportar la fatiga mientras trabaja más de una séptima o de una sexta parte del conjunto del músculo esquelético; por resistencia de fuerza *local* entendemos la capacidad de la periferia corporal para soportar la fatiga mientras trabaja menos de una séptima o de una sexta parte del conjunto del músculo esquelético (Frey, 1977, 346).

Formas especiales

A la fuerza máxima, la fuerza rápida y la resistencia de fuerza añade Frey (1977, 347) las siguientes formas especiales de la fuerza:

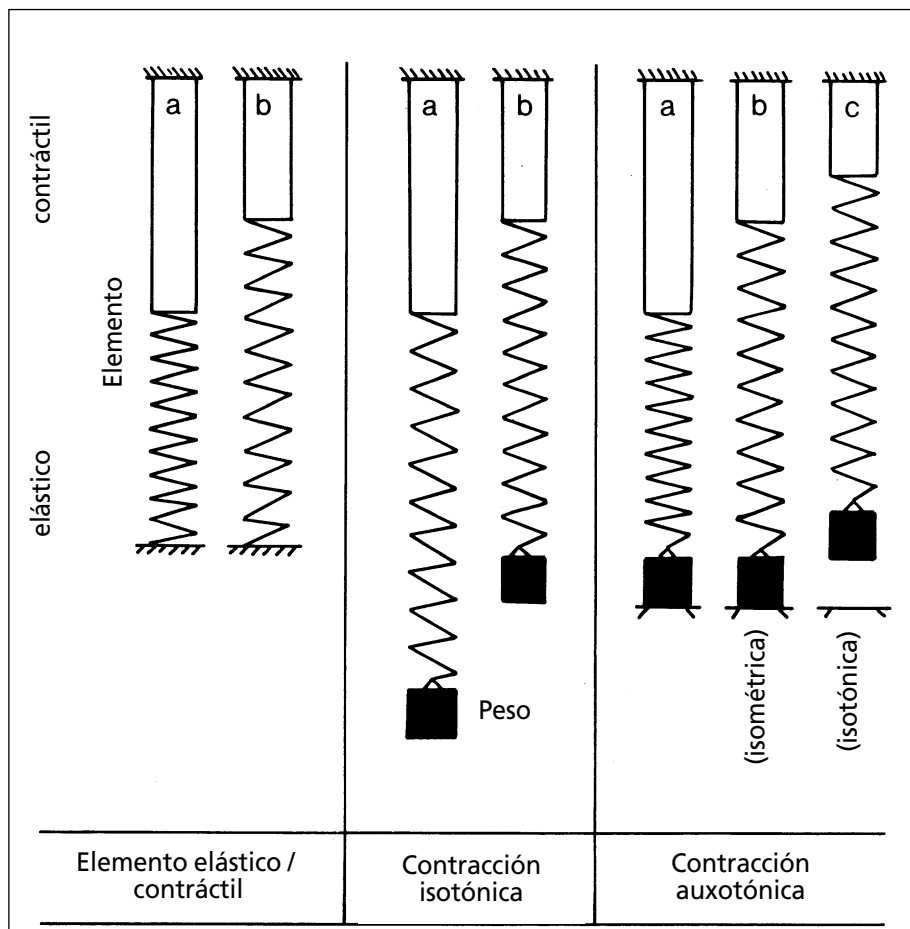


Figura 134. Comportamiento de los elementos contráctiles y elásticos dependiendo del tipo de contracción muscular. a = estado de reposo, b + c = estado después o durante la contracción.

- Fuerza límite: entendemos por fuerza límite la fuerza máxima voluntaria más las reservas de rendimiento que se pueden liberar mediante componentes psíquicos (y fármacos).
- Fuerza absoluta: desarrollo de fuerza con independencia del peso corporal.
- Fuerza relativa: alude al desarrollo de fuerza en función del peso corporal.

Tipos de trabajo muscular

Distinguimos los siguientes tipos de trabajo muscular: *de superación, de aflojamiento, de permanencia y combinado* (cf. Harre, 1976, 12 s.; Martin, 1977, 65).

- a) El trabajo muscular *propulsor* –predominante en la mayoría de las secuencias motoras deportivas– permite mover mediante acortamiento muscular el peso del propio cuerpo o pesos ajenos al cuerpo, o también superar resistencias.
- b) El trabajo muscular *de frenado* –que sirve para amortiguar saltos o para ejecutar movimientos de preparación– se caracteriza por el aumento de longitud del músculo, con efecto contrario activo.
- c) El trabajo muscular *estático* sirve para la fijación de determinadas posturas del cuerpo o de las extremidades. Se caracteriza por la contracción sin acortamiento del músculo.
- d) Finalmente, el trabajo muscular *combinado* se caracteriza por elementos de los tres tipos anteriores.

Tipos de contracción muscular

Distinguimos entre contracción *isotónica, isométrica y auxotónica*.

Como se puede ver en la figura 134, el músculo se compone de elementos *elásticos y contráctiles*. Dependiendo del tipo de contracción muscular varía el comportamiento de contracción o estiramiento de los elementos participantes.

En la contracción muscular *isotónica* los elementos contráctiles del músculo se contraen, mientras que los elásticos no varían su longitud. De esta forma se produce un acortamiento del músculo.

En la contracción muscular *isométrica* se produce igualmente una contracción de los elementos contráctiles; sin embargo, los elásticos se estiran, de forma que desde fuera no se percibe un acortamiento muscular.

La contracción muscular *auxotónica* es una combinación de los trabajos isométrico e isotónico. El sistema neu-

romuscular es capaz de adecuarse, con procesos muy complejos de activación-desactivación de unidades neuromusculares, a momentos de fuerza cambiantes de las cargas y a cambios de velocidad específicos del movimiento.

La contracción muscular auxotónica es la forma más frecuente en el ámbito del deporte.

Importancia de la fuerza

1. *Para aumentar la capacidad de rendimiento específica en una modalidad deportiva* (cf. también Weineck, 1992, 202 s.)

Dado que la fuerza es, en sus diferentes formas de manifestación –fuerza máxima, fuerza rápida y resistencia de fuerza–, un factor más o menos determinante para el rendimiento en casi todas las modalidades, su desarrollo de forma específica en cada modalidad merece un grado de atención considerable.

Además de su importancia para la capacidad de rendimiento inmediata en cada modalidad, el entrenamiento selectivo de la fuerza cumple una función importante en otros ámbitos:

- Para perfeccionar las condiciones técnico-físicas aumentando su eficacia. Este aspecto es especialmente importante en las modalidades de juego, como, por ejemplo, en fútbol: entrada, carga, regate y similares.
- Para la preparación física general en el sentido de mejorar la capacidad de imponerse, esto es, comportarse de modo eficaz en el uno contra uno.
- Como requisito para una mejor tolerancia a la carga y como base para practicar métodos de entrenamiento eficaces que contribuyan a mejorar la fuerza rápida (como, p. ej., el entrenamiento pliométrico; v. pág. 257).
- Como entrenamiento suplementario: para fortalecer zonas musculares menores, pero importantes como sinergistas (músculos que trabajan en el mismo sentido que los músculos principales) para realizar el movimiento de competición (p. ej., salto, tiro), y que las formas de carga habituales o el juego no han hecho trabajar ni favorecido en su desarrollo (cf. Harre/Hauptmann, 1983, 209).
- Como entrenamiento compensatorio para fortalecer músculos que tienden a debilitarse (como, p. ej., los músculos abdominales o el glúteo mayor; v. pág. 305).
- Como entrenamiento compensatorio o suplementario para fortalecer los antagonistas y para trabajar otros grupos musculares descuidados.

A pesar de su aparente variedad en cuanto a las exigencias, la mayoría de las modalidades deportivas tienen una estructura de cargas muy limitada o unilateral. En los juegos deportivos, por ejemplo, las formas de trabajo típicas son las siguientes (cf. Medler 1990, 27):

- Cargas de la musculatura de frenado en el ámbito del pie, la pierna y la cadera, practicadas en todas las modalidades de juego (“deporte de peatones”).
- Movimientos de tijera y de giro con cambios de dirección y reacciones rápidas.
- Cargas de la musculatura extensora con movimientos de carrera, esprint y salto.
- Cargas de fuerza rápida de los músculos flexores de la cadera en todos los arranques y saltos.

Semejante trabajo muscular unilateral origina un desarrollo muscular unilateral y por tanto una relación de desequilibrio cada vez más fuerte entre la musculatura de impulso y de rendimiento y los músculos antagonistas y de sustentación, cada vez más descuidados; esta situación puede originar a largo plazo pérdidas de rendimiento de todo tipo, lesiones y cuadros dolorosos (cf. Spring y cols., 1986, 114; Knebel/Herbeck/Hamsen, 1988, 29; Medler, 1990, 28).

2. Como profilaxis de lesiones

Una musculatura bien o suficientemente desarrollada es la protección más eficaz del aparato locomotor. Sin el apoyo de la musculatura, las cápsulas articulares y ligamentos no son capaces de amortiguar las enormes fuerzas que actúan sobre el aparato locomotor durante la competición (cf. Jenoure/Segesser, 1987; Denner, 1987, 12; Bisanz/Gerisch, 1988, 88). El estudio de Benedict/Walker (1968) encontró en los músculos más fuertes una resistencia superior ante las roturas; en el ejemplo de los extensores de la pierna, más fuertes que los flexores, dicha resistencia era un 20 % mayor. Los desequilibrios en la fuerza de grupos musculares antagónicos –el ejemplo más habitual es el de los músculos abdominales frente a los de la espalda– son causa frecuente de lesiones que pueden poner en peligro la consolidación a largo plazo del rendimiento y de la capacidad de carga (cf. Lehmann, 1991, 16).

3. Entrenamiento de la fuerza en el sentido de una profilaxis postural

En la época actual, poco amiga del movimiento, que impone horarios tan prolongados de vida sedentaria (en la escuela y en el trabajo), una gran parte de los escolares padecen debilidades posturales por falta de un desarrollo suficiente de la musculatura del tronco (cf. Wasmund-Bodenstedt/Braun, 1983, 17/18). Por este motivo, en el

entrenamiento de niños y jóvenes tiene que plantearse la optimización no sólo de la musculatura de rendimiento o funcional, sino también, en buena medida, de la musculatura postural. De esta forma se previenen a su debido tiempo y de forma eficaz los dolores en la zona lumbar, típicos de muchos deportistas (jugadores, entre otros), que presentan en su cuadro etiológico un desarrollo insuficiente de la musculatura del abdomen y la espalda.

Como resumen podemos señalar que existen muchos motivos para efectuar un entrenamiento de la fuerza. Sin un grado mínimo de fuerza (en función de la edad del deportista, de su capacidad de rendimiento y de su nivel de exigencia), no se puede traducir en hechos una capacidad óptima de rendimiento individual. Los niveles de fuerza inicial y adquirida inciden de forma inmediata sobre la eficacia del entrenamiento en el proceso a largo plazo y favorecen o inhiben el desarrollo de la capacidad de rendimiento deportivo.

Interacciones de la fuerza con otras capacidades motoras

Fuerza y velocidad

Como hemos expuesto ya en el apartado de la fuerza rápida (v. pág. 216), la velocidad (cíclica y acíclica) se encuentra en estrecha correlación con un programa temporal corto y con el correspondiente espectro de fibras musculares (porcentaje y fuerza de las fibras musculares de contracción rápida, sobre todo de las fibras II b). La fuerza rápida y la velocidad dependen, pues, en gran medida de las relaciones de fuerza existentes (cf. Röcker y cols., 1971, 281; Stoboy, 1973, 157; Zanon, 1973, 269; Adam/Verjovskij, 1974, 147; Bührle/Schmidtbleicher, 1981, 11 s.).

El aumento de la velocidad de contracción que tiene lugar al aumentar la fuerza se basa en los siguientes hechos fisiológicos del músculo: en el proceso de contracción, los elementos contráctiles (v. pág. 76) forman entre sí de manera transitoria puentes cruzados, que les permiten, a modo de un telescopio, deslizarse unos entre otros y acortar el músculo. Cuanto mayor es, por una parte, el número de puentes cruzados por unidad de tiempo, mayor es la fuerza muscular desarrollada: una de las condiciones básicas para una contracción rápida. Por otra parte, la velocidad de contracción depende también, según Karl (1972, 275), de la alternancia constante entre adherencias y desprendimientos de los puentes cruzados, esto es, de la asincronía de estos puentes cruzados. Sin embargo, el aumento específico, producido por el entrenamiento, de la sección transversa del músculo (por acumulación de proteínas contráctiles)

tiles; el proceso se refiere sobre todo a las fibras II b) permite incrementar, en paralelo al número de puentes cruzados potenciales, el número de puentes cruzados asíncronos y, en consecuencia, la velocidad de contracción.

Fuerza y flexibilidad

La flexibilidad no experimenta cambios significativos como consecuencia de un aumento o un retroceso de la fuerza (Kos, 1970, 121 s.). No obstante, un aumento de la flexibilidad con desarrollo simultáneo y marcado de los músculos que rodean las articulaciones (como ocurre, p. ej., en gimnasia de aparatos) requiere un volumen considerable de ejercicios de estiramiento y relajación. Sólo si aumenta de forma extraordinaria la masa muscular (como ocurre, p. ej., en el levantador de pesas) y si se descuidan los ejercicios compensatorios, se puede producir una restricción motora de origen en parte mecánico.

Fuerza y capacidades coordinativas

El aumento de la fuerza no influye de forma negativa sobre las capacidades coordinativas. No obstante, después de un entrenamiento de fuerza tenemos que contar con una restricción de la coordinación motora fina. Un entrenamiento exclusivamente de fuerza sin trabajo coordinativo paralelo específico de la disciplina plantea una serie de riesgos.

Fuerza y resistencia (larga duración)

Con el incremento de la sección transversa del músculo desciende el rendimiento en resistencia debido a las desfavorables condiciones que se crean para la difusión, el intercambio y la evacuación de sustratos, oxígeno y residuos del metabolismo.

Los correlatos orgánicos que sirven de base a la fuerza y a la resistencia no se pueden desarrollar de forma máxima y simultánea. La expresión coloquial “no puede correr de pura fuerza” indica que el objetivo de alcanzar un alto grado de las capacidades físicas sólo se puede lograr de una manera (cf. Israel, 1991, 338). No obstante, trabajar con el método de repeticiones contra resistencias elevadas (50 % y más de la fuerza máxima) no disminuye la capacidad; como aquí la *resistencia de fuerza* adquiere un papel relevante, el deportista que posea un mayor nivel de fuerza máxima efectuará un mayor número de repeticiones (cf. Shaver, 1970, 170 s., v. pág. 221).

Fundamentos anatomo-fisiológicos del entrenamiento de la fuerza

Entrenabilidad de los músculos

En la edad infantil la entrenabilidad apenas conoce diferencias relevantes entre ambos sexos. Con el paso de los

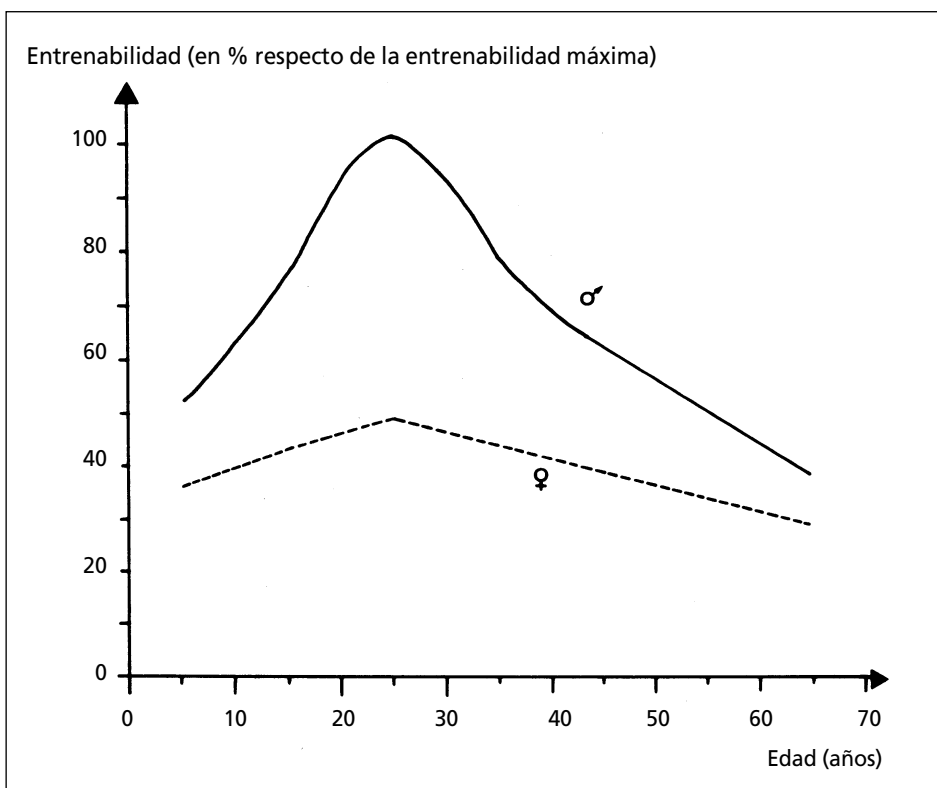


Figura 135. Capacidad para entrenar los músculos en relación con la edad y el sexo (en Hettinger, 1966, 102).

años aumenta de forma notable en los varones, alcanzando su punto álgido entre los 20 y los 30 años de vida, para caer a continuación de forma rápida. En el sexo femenino los cambios de la entrenabilidad son relativamente escasos con el transcurso de los años (cf. fig. 135). El aumento más marcado de la entrenabilidad de la fuerza se puede comprobar en el ámbito de la pubescencia y la adolescencia (v. pág. 349).

El período es entre los 12 y 14 años en especial, pues en este momento, según una serie de estudios efectuados en América, el porcentaje de las llamadas fibras intermedias –que no pertenecen claramente a las ST, de contracción lenta (I) ni a las FT, de contracción rápida (II)– alcanza un 14 % en los chicos y un 10 % en las chicas. Con el correspondiente entrenamiento, estas fibras pueden transformarse en fibras ST o FT. Esta circunstancia debería aprovecharse en el sentido de un entrenamiento acentuado de la fuerza rápida, pues posteriormente la transformación de fibras ST en FT resulta ya imposible (al contrario que las de FT en ST). Otra razón para efectuar un entrenamiento de este tipo tiene que ver con las buenas condiciones que se dan en este período para entrenar la velocidad (tanto cíclica como acíclica; cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 45 y 84).

Nada más concluir un entrenamiento de fuerza se produce un aumento a corto plazo de la testosterona, sobre todo si las intensidades han sido elevadas (cf. Kraemer, 1988, 153). Hablaremos de este aumento al tratar de la situación del metabolismo anabólico que requiere la hipertrofia muscular.

Fuerza y secreción de hormona sexual en el transcurso de la vida en relación con la edad y el sexo

En la figura 136 se observa que la fuerza de chicos y chicas es prácticamente igual en la edad infantil –más o menos hasta el duodécimo año de vida (cf. Fukunaga, 1976, 261; Frey, 1978, 174)–. Con el paso de los años, la fuerza de los chicos aumenta rápidamente –en las chicas este ascenso es moderado–, para alcanzar el nivel máximo entre los 20 y los 30 años. En etapas posteriores, la fuerza disminuye de forma progresiva.

La causa de las diferencias de fuerza entre hombre y mujer radica en la mayor presencia en el hombre de testosterona (hormona sexual masculina), cuyo efecto incrementa el anabolismo (síntesis) de proteínas: la sección transversa del músculo en la mujer alcanza sólo un 75 % respecto de la del varón; pero incluso con la misma sección transversa la fuerza de la mujer es menor, pues las diferencias de origen hormonal implican diferencias en la composición porcentual del tejido: el porcentaje de tejido graso en la mujer dobla aproximadamente el del hombre (Fukunaga, 1976, 259).

La fuerza de la mujer adulta llega, según Hettinger (citado en Frey, 1978, 174) hasta los dos tercios de la fuerza del hombre. No obstante, esto afecta sólo a la musculatura de las extremidades (sobre todo fibras FT) y no a la musculatura del tronco (sobre todo fibras ST), que no muestra diferencias específicas de los sexos.

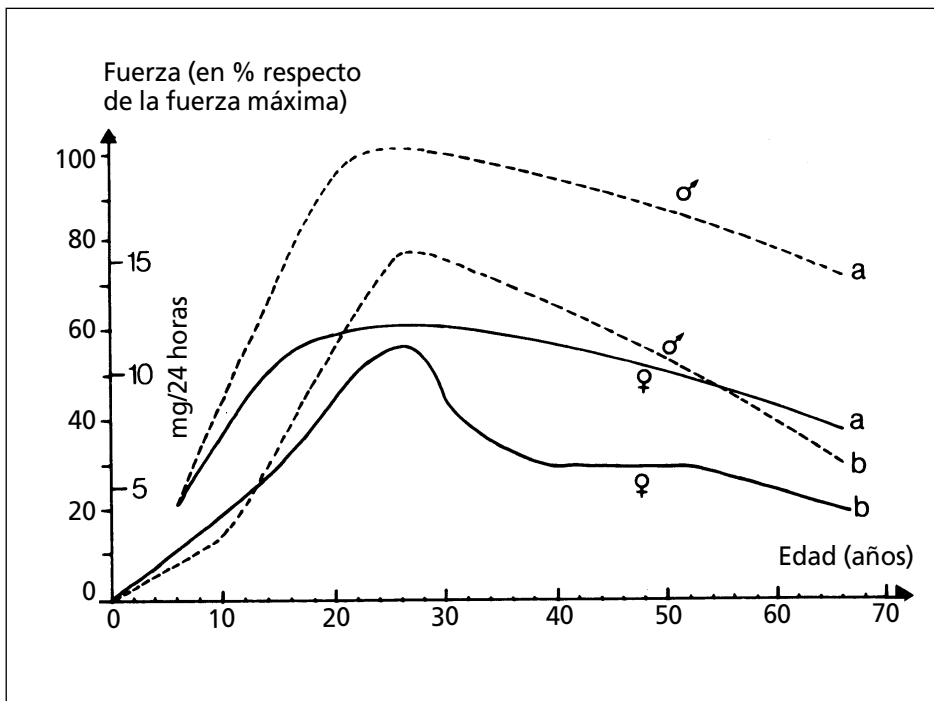


Figura 136. Fuerza (a) y secreción de hormona sexual (b) en el transcurso de la vida en relación con la edad y el sexo (en Hettinger, 1966, 28 y 103).

Efectos del entrenamiento de la fuerza sobre el sistema neuromuscular

Incremento de las reservas energéticas y de las enzimas del metabolismo anaeróbico

Un entrenamiento intenso de la fuerza produce no sólo cambios en la fuerza del músculo, a través de diferentes mecanismos morfológicos y coordinativos (v. *infra*), sino también un aumento de sus reservas de glucógeno y fosfocreatina (Saltin, 1973, 137s.; Jakovlev, 1975, 133). Dependiendo del tipo de entrenamiento de fuerza, las reservas de fosfocreatina se pueden incrementar entre un 20 % y un 75 % (cf. Hollmann/Hettinger 1980, 222).

Optimización de la coordinación intramuscular e intermuscular

Como muestra la práctica deportiva, el aumento de la fuerza se produce nada más iniciarse su entrenamiento. Como el aumento de la masa muscular requiere algo más

de tiempo (necesita un entrenamiento de varias semanas de duración), el aumento de la fuerza se explica necesariamente por las mejoras del rendimiento coordinativo. Sólo en el transcurso posterior de un entrenamiento de este tipo (v. pág. 227) se produce el ascenso de la fuerza por el incremento de la sección transversa de la fibra, y por tanto del músculo en su conjunto (Friedebold/Nüssgen/Stoboy, 1957, 401; v. fig. 137).

Con la misma masa muscular, esto es, con la misma sección transversa del músculo, el deportista con la mejor coordinación intramuscular e intermuscular será el que pueda desarrollar un mayor nivel de fuerza.

Mejora de la inervación intramuscular

La mejora del rendimiento coordinativo intramuscular se explica por una mejora de la inervación, es decir, con una contracción voluntaria se puede contraer más fibras musculares de forma sincrónica (cf. fig. 138).

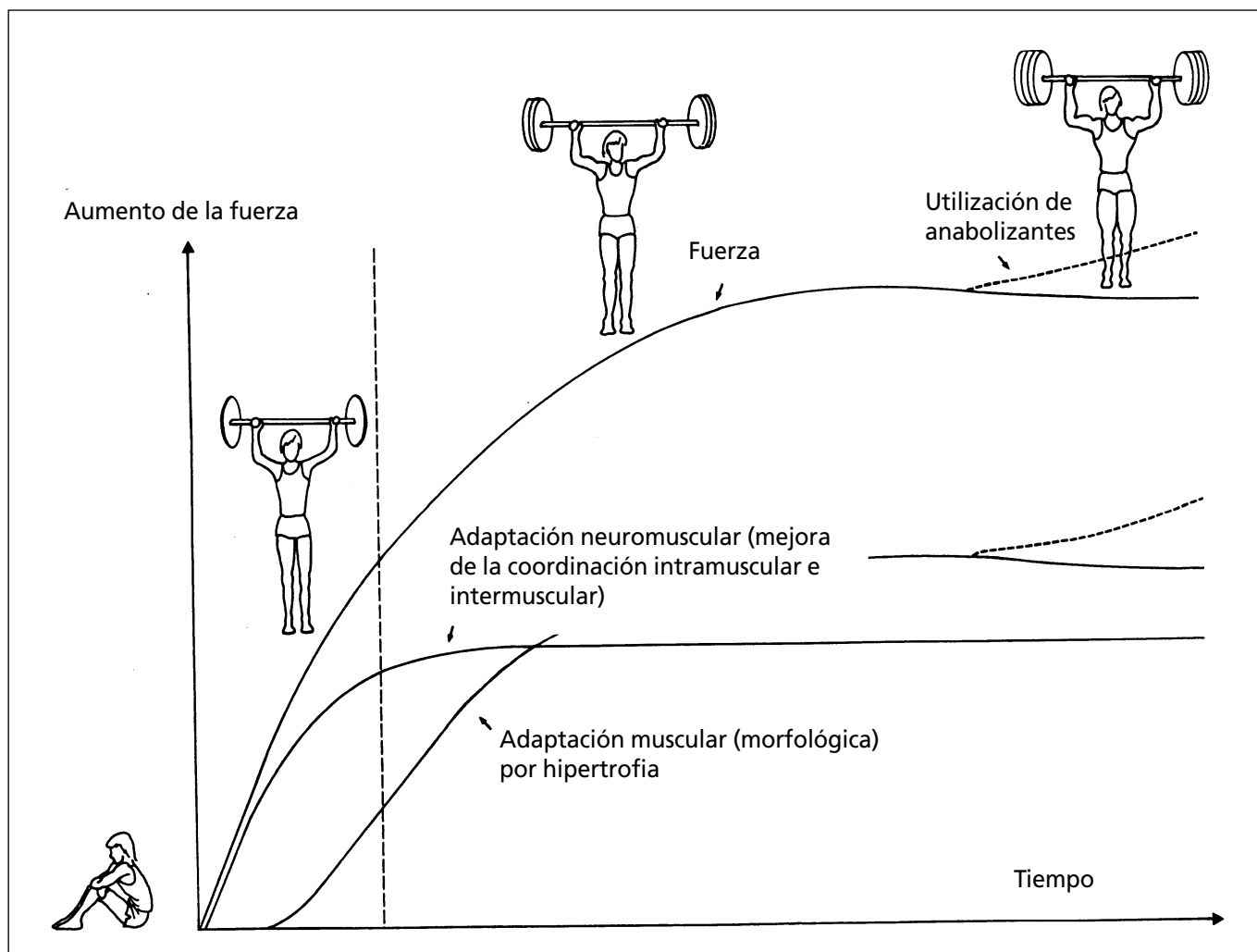


Figura 137. Adaptación muscular en el entrenamiento de la fuerza (modificado de Sale, 1988, 142).

Si el aumento de la fuerza es progresivo, se produce un reclutamiento creciente de unidades motoras, cada vez más numerosas y más fuertes (cf. fig. 139); al final se encuentran las unidades motoras más fuertes de las fibras IIb.

Como se puede ver en la figura 140, el ascenso de la fuerza provocado por el entrenamiento va acompañado de un aumento paralelo de la actividad electromiográfica, lo cual es indicio de que ha crecido el número de unidades motoras activadas y/o la frecuencia de inervación de dichas unidades (cf. Komi, 1986, 10). Con un entrenamiento específico de la fuerza rápida se puede conseguir un cambio de las curvas de fuerza rápida (v. también pág. 295) y del electromiograma (EMG), en el sentido de un

desplazamiento hacia la izquierda y un ascenso más pronunciado.

Los cambios que aparecen en la figura 141 como consecuencia (esperada) de un entrenamiento específico de la fuerza se pueden constatar también en la realidad (cf. Häkkinen/Komi/Alén, 1985, 587 s.). De la figura 141 se deduce asimismo que las unidades motoras más fuertes presentan también una frecuencia de activación más elevada.

La mayor capacidad de activación de una musculatura entrenada se puede reconocer también en el electromiograma (v. también pág. 228, cf. fig. 142). Como muestran los estudios de Moritani/DeVries (1979, 115 s.), después de un entrenamiento de la fuerza aumentan la actividad reflejada en el EMG y la sección transversal del músculo en

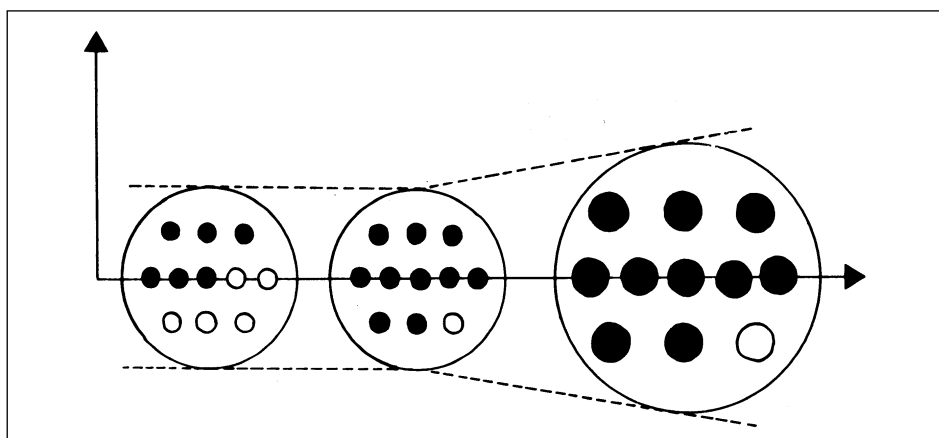


Figura 138. Mecanismo del entrenamiento de la fuerza: en primer lugar se produce una mejora en la inervación intramuscular, y sólo después se llega a la hipertrofia de las fibras musculares. • = fibra muscular contraída, o = fibra muscular no contraída (modificado de Fukunaga, 1976, 265).

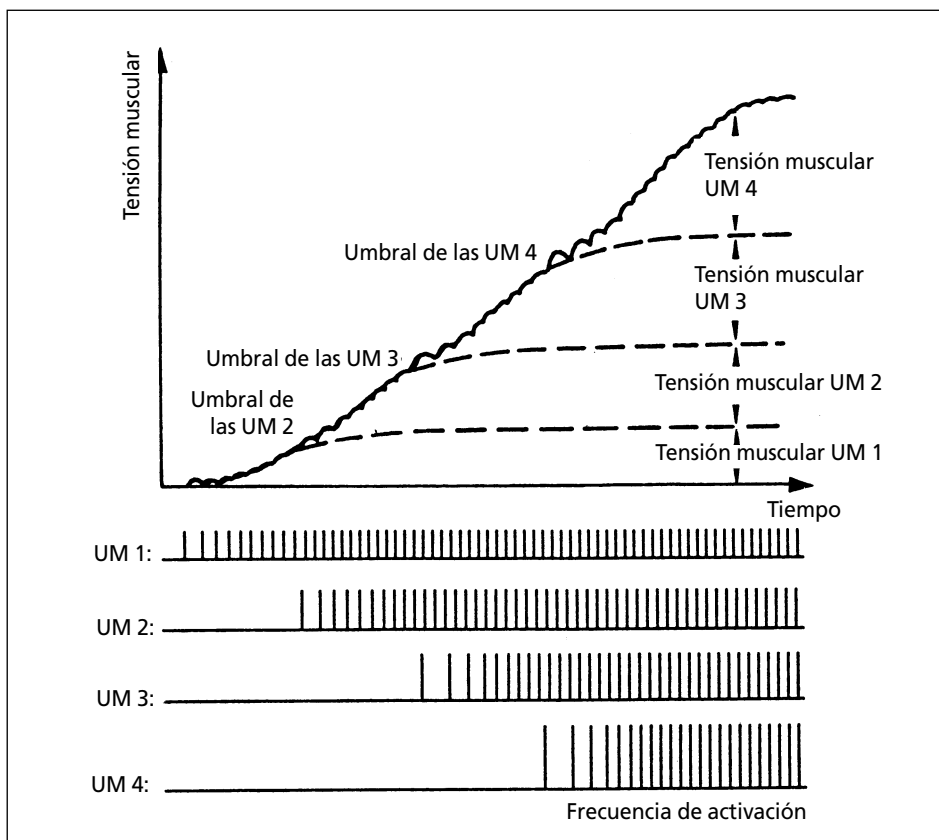


Figura 139. Representación esquemática del reclutamiento de las diferentes unidades motoras (UM) con desarrollo progresivo de la fuerza (modificado de Winter, 1979).

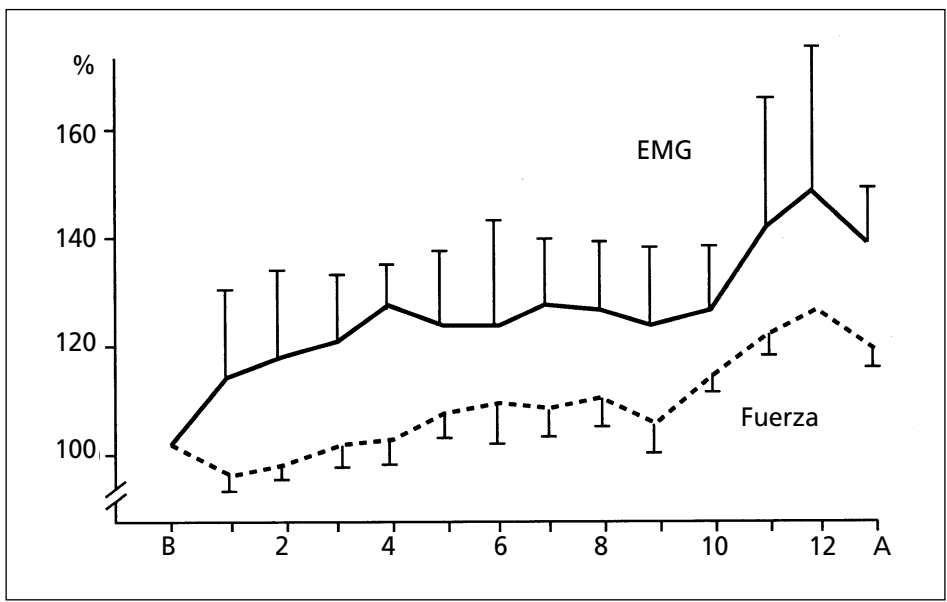


Figura 140. El aumento paralelo de fuerza y actividad del EMG (como expresión de una mejora en la inervación intramuscular) en el transcurso de un entrenamiento de la fuerza máxima isométrica de 12 semanas de duración, efectuado cuatro veces a la semana por chicos entre los 13 y 15 años de edad. B = antes; A = después (modificado de Komi, 1986, 11).

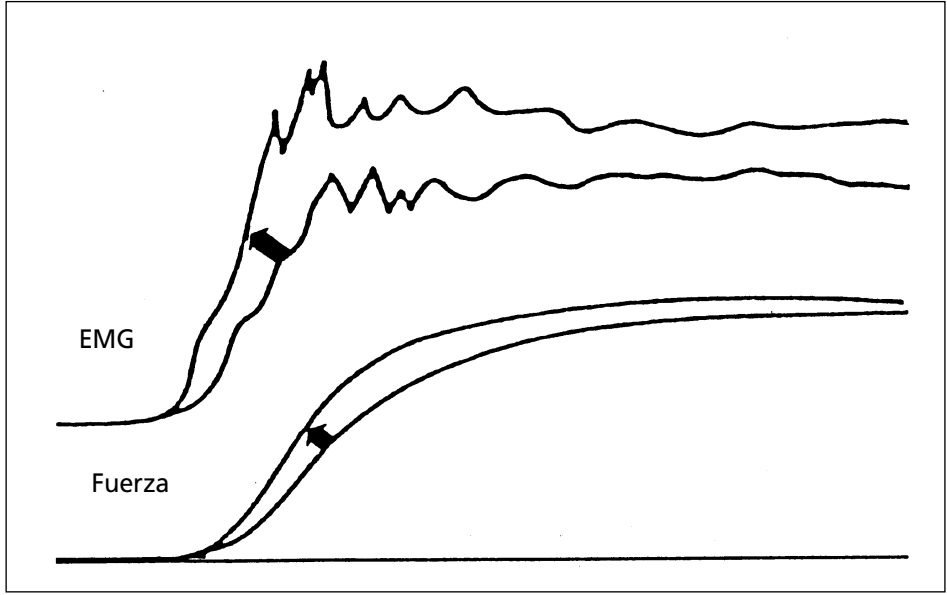


Figura 141. Representación esquemática de los cambios esperados en las curvas de fuerza y del EMG en el transcurso de un entrenamiento de la fuerza rápida (modificado de Komi, 1986, 11).

el brazo entrenado. A través del conocido efecto de la transferencia (v. pág. 526) se puede constatar también en el brazo no entrenado un aumento de la fuerza y de la actividad EMG, pero no de la sección transversa del músculo, indicio de que el efecto de transferencia se basa en una adaptación neuronal (mejora de la capacidad de rendimiento coordinativa; cf. también Sale, 1988, 135).

La hipertrofia del músculo debido al entrenamiento produce en el brazo entrenado un descenso de la relación “activación del EMG : fuerza dada”. La causa radica en que después del correspondiente entrenamiento de la fuerza disponemos de más elementos contráctiles que antes, es decir, las diferentes unidades motoras tienen que activarse

menos como promedio para rendir un trabajo determinado (cf. fig. 142). Este efecto no se puede constatar en el brazo no entrenado (aquí no se produjo hipertrofia muscular).

Con un desarrollo de la tensión explosiva, de fuerza rápida, se produce un cambio total del modelo de inervación anterior. Como se puede ver en los estudios de Desmedt/Godaux (1977, 673 s.), con movimientos de fuerza rápida –conocidos como movimientos balísticos– el umbral de reclutamiento para todos los tipos de fibra desciende hasta cero; de esta forma se contraen primero las fibras con el menor tiempo de contracción, y sucesivamente se van contrayendo las fibras con tiempos de contracción

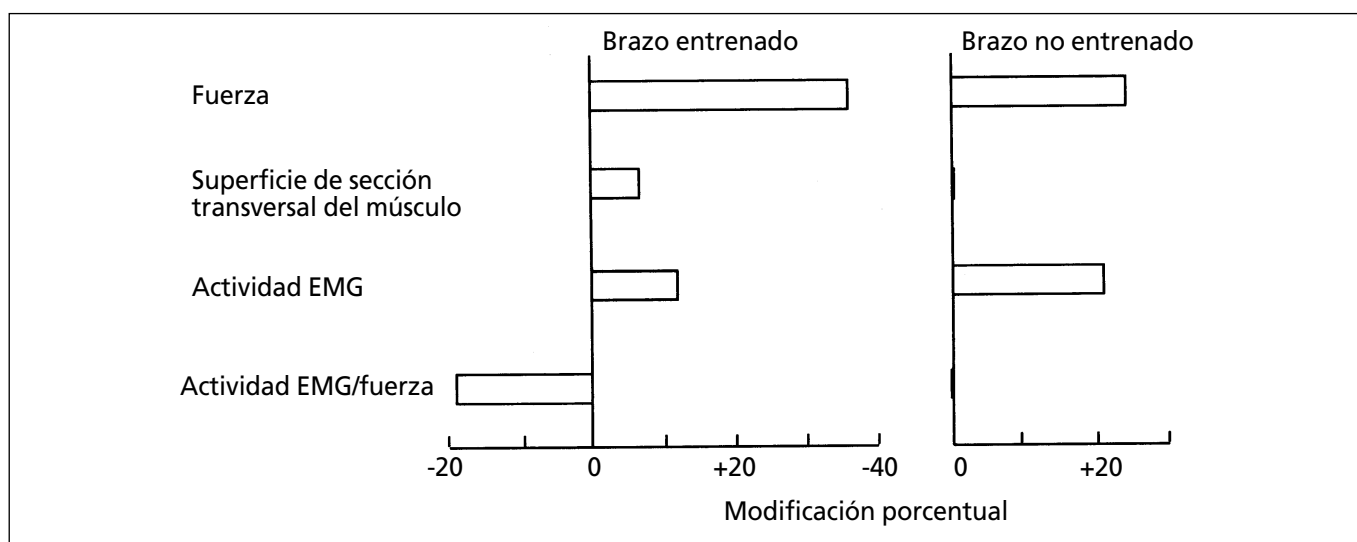


Figura 142. Los efectos de un entrenamiento de la fuerza (en los flexores del brazo) sobre la fuerza, la sección transversal de los músculos y la activación de las unidades motoras (expresada mediante el EMG): izquierda, en el brazo entrenado; derecha, en el brazo no entrenado (de Moritani/DeVries, 1979, 116).

mayores. En contracciones isométricas balísticas se dan los siguientes tiempos de contracción para los diferentes tipos de fibras musculares:

1. Fibras rápidas del tipo II: 60 ms.
2. Fibras intermedias: 100 ms.
3. Fibras lentas: 140 ms.

Importante. En movimientos balísticos rápidos, todos los tipos de fibras musculares participantes inician su contracción en el mismo momento, pero alcanzan su grado máximo de contracción en momentos diferentes, pues necesitan tiempos distintos para desarrollar su máximo de fuerza.

Al principio de una contracción tienen que contraerse primero las resistencias elásticas en serie (v. pág. 222). Se produce entonces –como muestra la figura 143– el siguiente recorrido característico de la gráfica de ascenso de la fuerza: a un ascenso inicial pronunciado, más o menos en línea recta, le siguen una inflexión y un nuevo ascenso en línea recta, pero de menor pendiente, para acercarse al máximo después de una nueva doblez y un ascenso aún más plano (cf. Tidow/Wiemann, 1993, 140). Cada inflexión se corresponde con la desconexión de un grupo de fibras musculares que posteriormente alcanzará su máximo de fuerza. El entrenamiento va aplanando progresivamente la curva de ascenso de la fuerza debido a la mejora de la coordinación intramuscular.

En un entrenamiento con pesos ligeros se puede esperar que el ascenso de las curvas del EMG y de la fuerza se produzca muy al principio de la contracción muscular (desplazamiento hacia la izquierda; cf. también fig. 141, pág. 228), y con un entrenamiento con pesos elevados hay que contar que se producirá un desplazamiento hacia atrás del ascenso de la curva (desplazamiento hacia la derecha).

Importante. Dependiendo del tipo de entrenamiento y de la cuantía de la carga, se produce una adaptación específica de la gráfica de ascenso de la fuerza (cf. Häkkinen/Komi, 1985, 65, v. también pág. 277).

Mejora de la inervación intermuscular

El aumento del rendimiento coordinativo intermuscular se explica por la mejor interacción de los grupos musculares participantes en un movimiento deportivo. Aquí el papel importante lo desempeñan tanto los agonistas como los antagonistas.

Al mejorar la coordinación intermuscular, los músculos trabajan de forma más eficaz y económica. Como muestra la figura 144, un deportista bien entrenado no sólo utiliza los músculos importantes para una modalidad, sino que los inerva de la forma más adecuada a la carga en comparación con un deportista no entrenado.

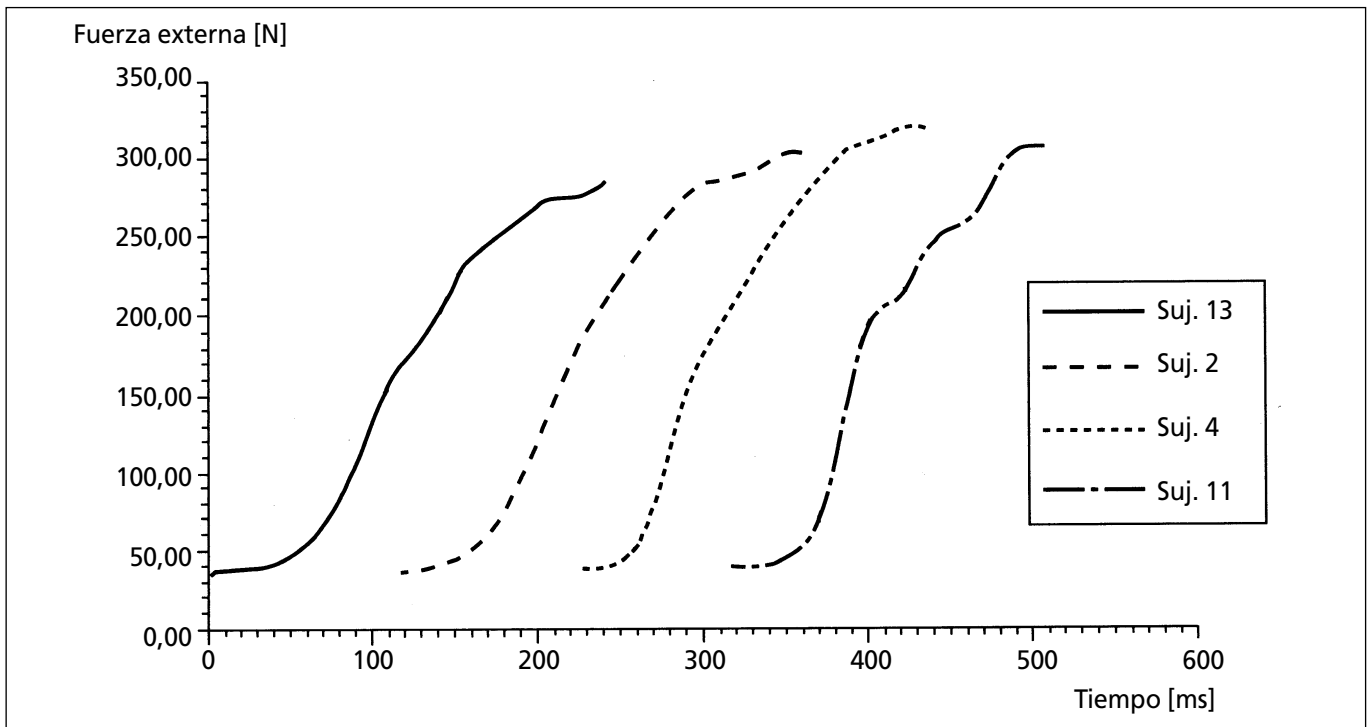


Figura 143. Evaluación de las curvas de fuerza explosiva de los músculos isquiotibiales en cuatro sujetos participantes en la prueba (de Tidow/Wiemann, 1993, 140).

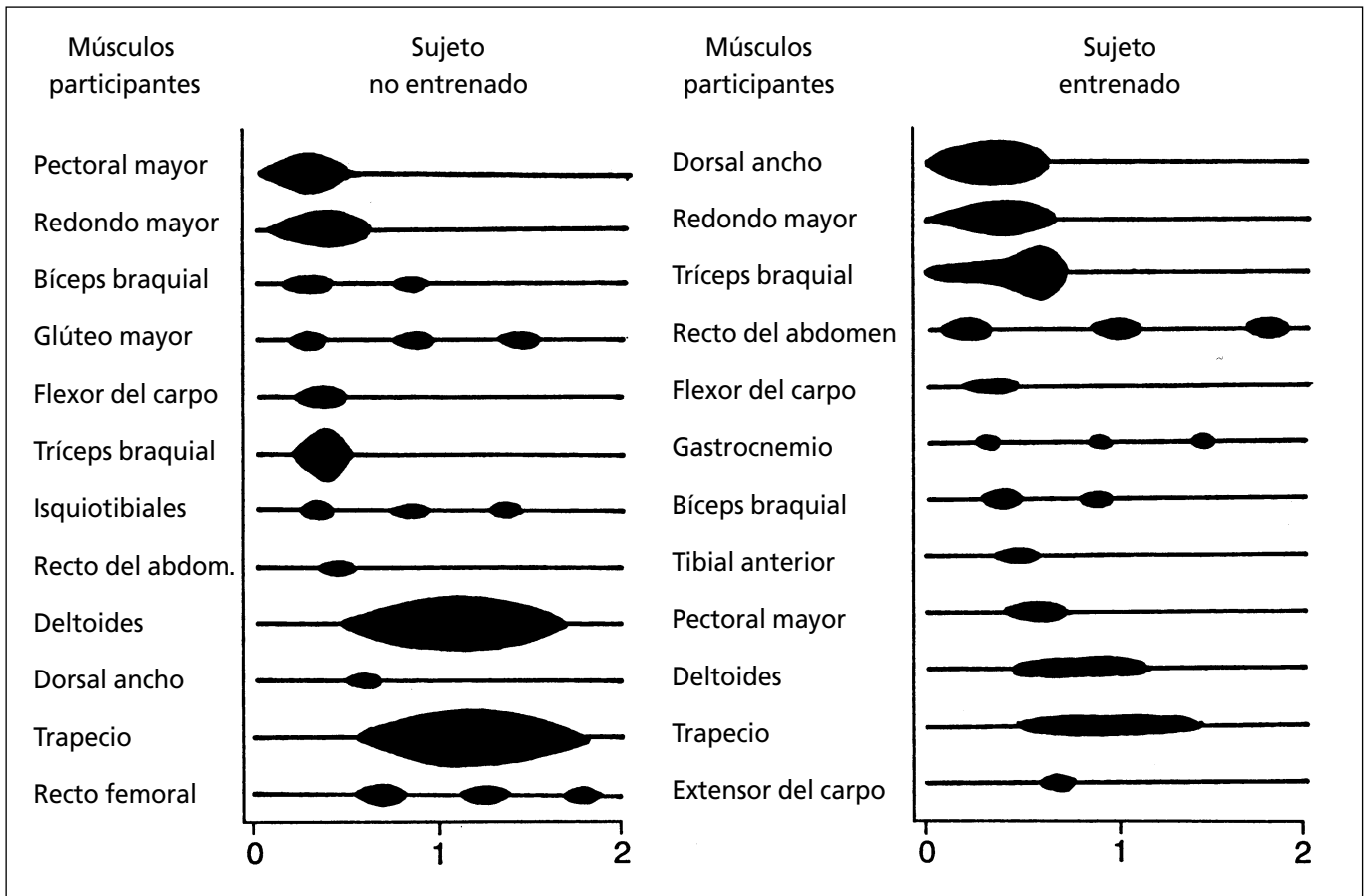


Figura 144. Activación muscular (EMG) en un nadador de crol no entrenado (izquierda) y en uno entrenado (derecha; modificado de Ikai, 1964, y Åstrand, 1970).

Crecimiento en grosor (hipertrofia)

De forma muy general se puede decir que la fuerza del músculo depende sobre todo de su sección transversa: un músculo levanta alrededor 6 kg por centímetro cuadrado (Hettinger, 1966, 29); así pues, si aumenta la sección transversa del músculo, se incrementa también su fuerza.

El crecimiento en grosor se produce por engrosamiento de cada fibra muscular y por incremento del número y el diámetro de las miofibrillas. No obstante, hemos de tener en cuenta que las diferentes fibras musculares –tipo I (fibras ST) y tipo II con sus categorías secundarias II c, II a y II b (fibras FT) (v. pág. 78)– se activan de forma diferente dependiendo de la intensidad del entrenamiento (cuantía de la carga de peso). Como podemos ver en la figura 145, con cargas ligeras se activan exclusivamente las fibras del tipo I. Con cargas medias se van incorporando progresivamente las fibras del tipo II (primero las IIc, a continuación las IIa y finalmente las fibras más fuertes y rápidas del hombre, las IIb).

Con cargas superiores al 80 % de la fuerza máxima individual todos los tipos de fibra muscular (tipos I y II) quedan sometidos por igual a un entrenamiento de mejora de la sección transversa (cf. Sale, 1988, 135; Duchateau, 1993, 49).

Como causas de la hipertrofia se considera –aparte del estímulo de entrenamiento adecuado– un umbral crítico de tensión y un metabolismo elevado del ATP por unidad de tiempo.

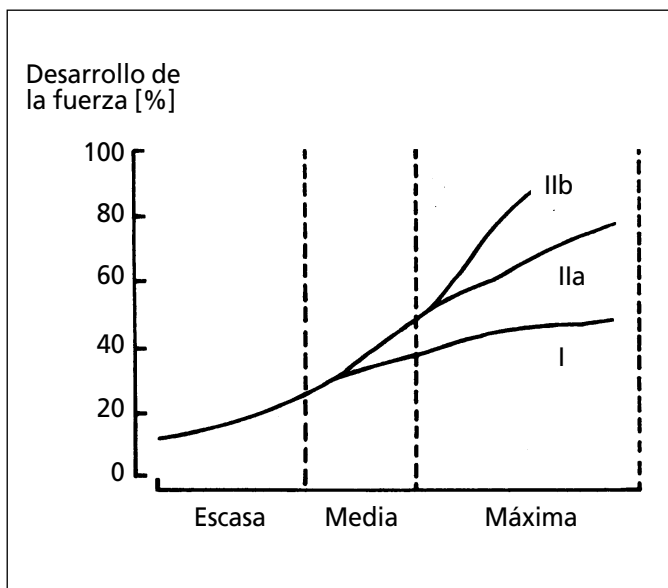


Figura 145. Trabajo de las fibras musculares dependiendo de la intensidad del entrenamiento. I = fibras ST, de contracción lenta; II = fibras FT, de contracción rápida (de Costill, citado en Cometti, 1988c, 18).

La figura 146 ofrece una visión general de la secuencia de los mecanismos de hipertrofia provocados por el entrenamiento de la fuerza.

Aumento del número de fibras musculares (hiperplasia)

La cuestión de la multiplicación celular (hiperplasia), hasta la fecha un punto de fuerte polémica, se puede responder afirmativamente en la actualidad con un alto grado de probabilidad. En un gran número de experimentos con animales, y en una serie de estudios efectuados con culturistas y levantadores de pesas, se ha constatado, directa o indirectamente, que la mera hipertrofia no puede explicar el aumento demostrable de la sección transversa de los músculos después de un entrenamiento específico de la fuerza (cf. MacDougall y cols., 1982, 117; Tesch/Larsson, 1982, 301; MacDougall y cols., 1984, 1399; Giddings, 1985, 133; Larsson/Tesch, 1986, 130; Sale y cols., 1987, 1786; Alway y cols., 1989, 24; White/Essex, 1989, 161; Bischoff, 1990, 201; Mikesky y cols., 1991, 1047).

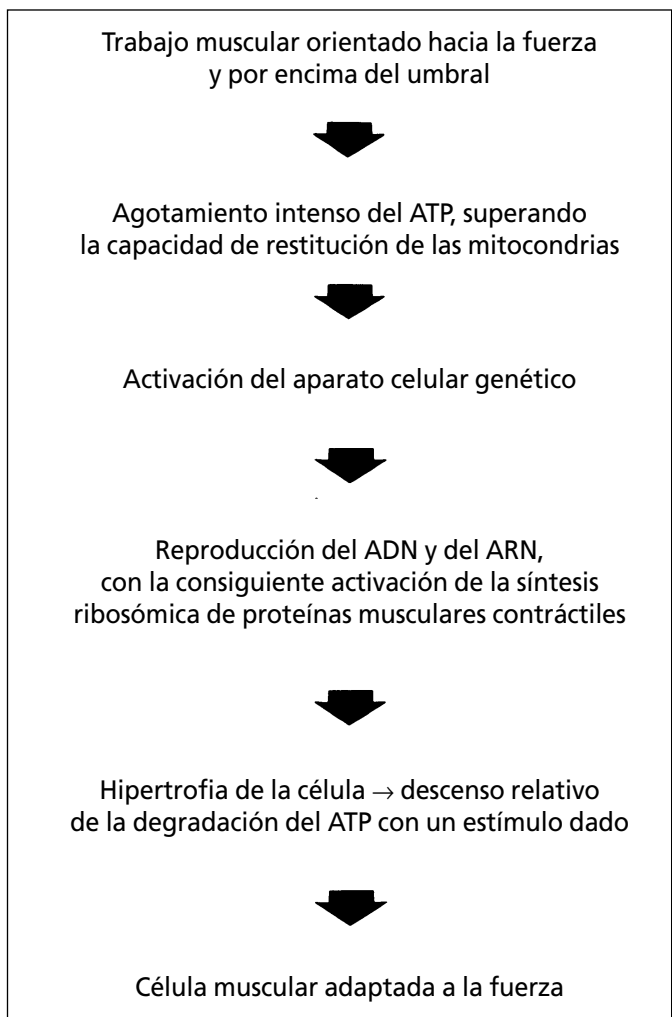


Figura 146. Modelo hipotético de la regulación de la hipertrofia mediante el entrenamiento de la fuerza (modificado de Meerson, 1973).

Hoy en día se acepta el hecho de que un trabajo mecánico intenso –asociado a un fuerte estímulo de estiramiento– origina, después de una hipertrofia inicial, la formación de fibras musculares nuevas. Como mecanismo de aparición se acepta un proceso de microtraumatismos de las fibras musculares –pensemos en la posible relación con el fenómeno de las agujetas– que da lugar a la liberación de factores de crecimiento miógenos, a la consiguiente activación de las llamadas células satélite y a la formación de nuevas células (cf. Kennedy y cols., 1988, 203; Bischoff, 1989, 171; Schultz, 1989, 185; Yamada y cols., 1989, 173; Mikesky y cols., 1991, 1047).

Los estudios sobre biopsias musculares (extracción de material muscular de un determinado músculo mediante aspiración con aguja) han mostrado que las secciones transversas de fibras musculares aisladas no eran sustancialmente mayores en los culturistas hipertrofiados que en las personas normales; así pues, además de una hipertrofia tuvo que haberse producido una hiperplasia. Asimismo, al contar las fibras musculares del peroneo corto en preparaciones de cadáveres se constató un número de fibras mayor en el lado más estimulado (cf. Antonio/Gonyea, 1993, 1333 s.).

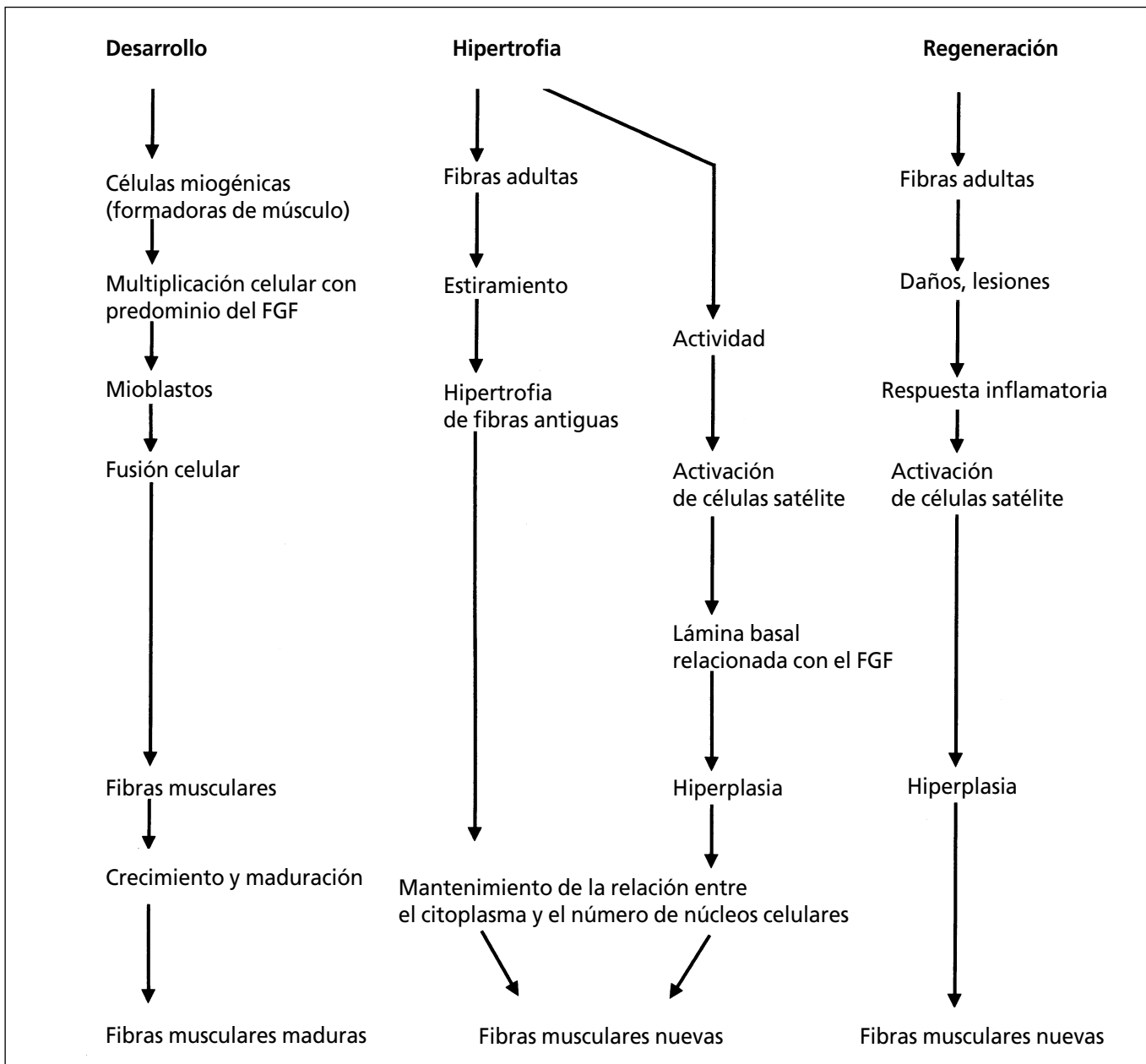


Figura 147. Representación esquemática de la hipertrofia y la hiperplasia en fibras con su crecimiento en proceso y una vez finalizado. FGF = Fibroblast Growth Factor, o factor de crecimiento del fibroblasto (modificado de Yamada y cols., 1989, 179).

La hiperplasia muscular se ha observado no sólo con entrenamientos de fuerza extremos, sino también en procesos de crecimiento muscular y de regeneración muscular después de una lesión. La figura 147 ofrece una descripción resumida del fenómeno de la hiperplasia.

Este fortalecimiento paralelo de las estructuras acompañantes de tejido conjuntivo, tan importante para la profilaxis de las lesiones, no se produce cuando el deportista se *dopa* con esteroides anabolizantes (cf. Mikesky y cols., 1991, 1047).

Así pues, la hipertrofia y la hiperplasia muscular constituyen un mecanismo de previsión mediante el cual los estímulos de tensión de intensidad inusual se reparten por una masa muscular mayor; de este modo se consigue una relativa protección frente a la sobrecarga, pues disminuye la carga sobre cada fibra muscular.

Hipertrofia y mejora de la coordinación intramuscular dependiendo del entrenamiento realizado

La mejora de la fuerza por la vía de la hipertrofia muscular depende del tipo de entrenamiento de la fuerza: un aumento de la sección transversa del músculo sólo se consigue con un efecto suficientemente prolongado del estímulo (p. ej., entre ocho y doce repeticiones en un entrenamiento de fuerza dinámico, v. pág. 272) y con una intensidad media (40-60 % aprox. de la fuerza máxima en sujetos no entrenados, 60-80 % en sujetos entrenados). Los estímulos máximos con cifra de repeticiones escasa (p. ej., entre una y tres repeticiones en un entrenamiento de fuerza dinámico), o los estímulos de fuerza rápida con tiempo de incidencia breve, producen un aumento de la fuerza mejorando únicamente la coordinación intramuscular, sin provocar hipertrofia muscular.

En este contexto interesa constatar además que un entrenamiento de la fuerza intensivo no sólo incrementa la sección transversa del músculo (mediante los mecanismos que acabamos de mencionar, la hipertrofia y la hiperplasia), sino que contribuye además al aumento o hipertrofia de las estructuras acompañantes de tejido conjuntivo, que aportan seguridad mecánica a cada fibra muscular y al músculo en su conjunto (cf. fig. 148). La figura 148 muestra una vez más las estrechas relaciones entre una carga de entrenamiento intensa y los microtraumatismos (lesiones mínimas dentro de las subestructuras musculares), tal como aparecen también en el caso de las agujetas.

Entre los métodos de entrenamiento de la fuerza, los que producen el mayor grado de hipertrofia muscular son

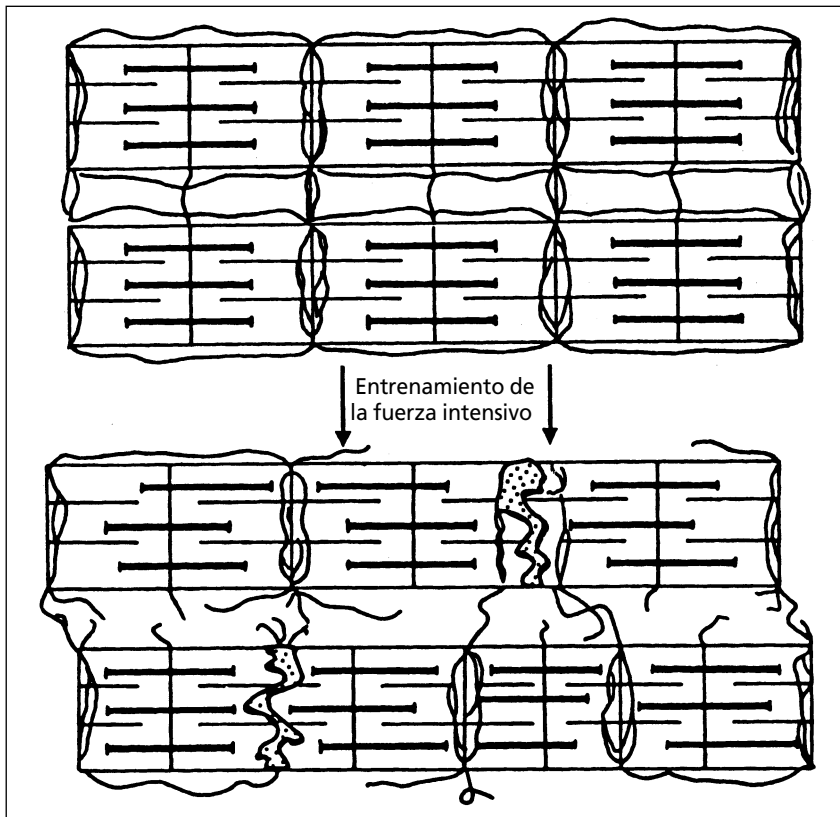


Figura 148. Representación esquemática de los efectos de un entrenamiento de la fuerza intensivo o de cargas excéntricas fuertes sobre el sistema interfilamentoso conjuntivo exosarcómero (que se encuentra fuera de la sarcómera [unidad funcional mínima de la fibra muscular]). Las cargas inusualmente fuertes producen microlesiones de estas estructuras, que se vuelven a reparar a continuación llegando a un nivel de consistencia superior, adaptado a la carga (modificado de Waterman-Storer, 1991, 1244).

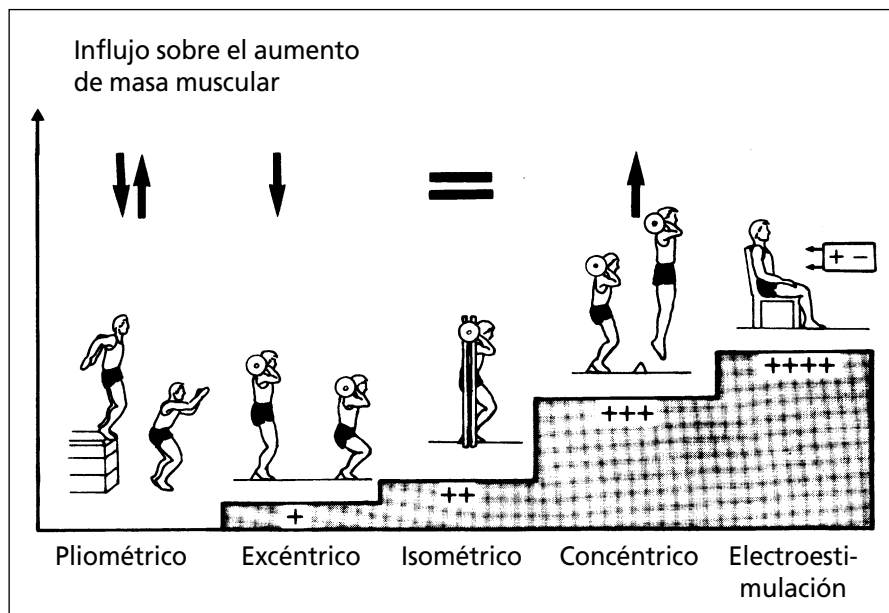


Figura 149. Eficacia de los diferentes métodos de entrenamiento referida únicamente al aumento de la masa muscular (hipertrofia muscular) (modificado de Cometti, 1988b, 21).

aquellos que, con una duración suficiente del estímulo, exigen la degradación más intensa del ATP, como, por ejemplo, la electroestimulación, los métodos de culturismo (v. págs. 243 y 258) y el entrenamiento desmodrómico (v. pág. 256).

La figura 149 muestra diferentes métodos de entrenamiento en relación con su efecto sobre la hipertrofia muscular.

Para el aumento de la masa muscular, las cargas que han demostrado una mayor eficacia son las que permiten un máximo de diez repeticiones (v. fig. 150). El hecho de que el aumento de la fuerza se produzca por mejora de la coordinación intramuscular y/o intermuscular o por un aumento de la sección transversal del músculo depende, por tanto, del tipo de entrenamiento. De la misma forma, la especificidad del entrenamiento (v. pág. 276) determina los tipos de fibra muscular que trabajan y la manera en que lo hacen.

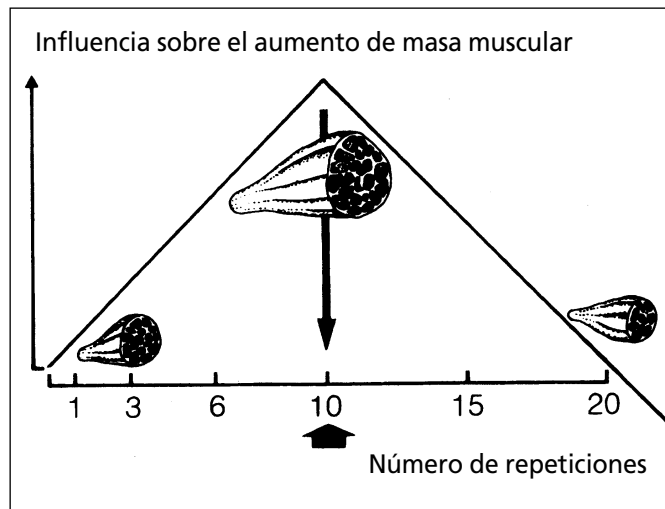


Figura 150. Influencia del número de repeticiones sobre el desarrollo de la masa muscular (modificado de Cometti, 1988a, 3).

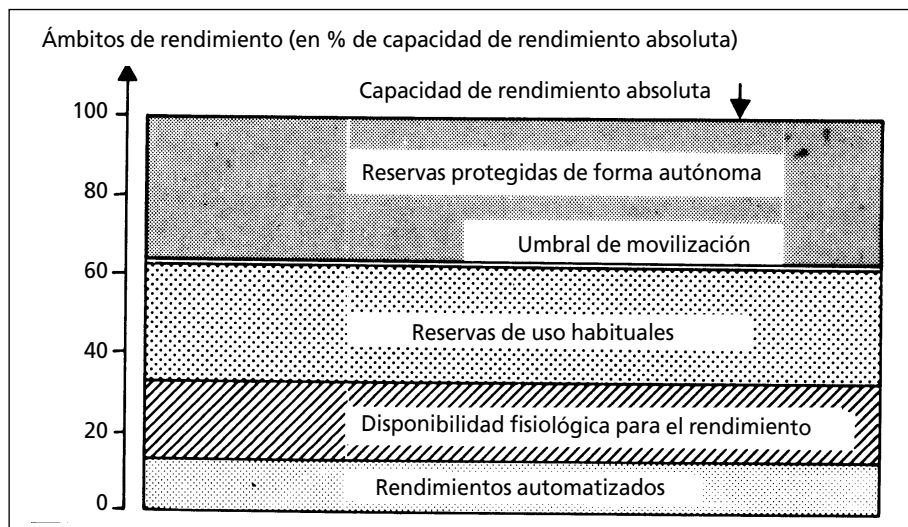


Figura 151. Esquema de los ámbitos de rendimiento (de Graf, citado en Hettinger, 1966, 31).

Así pues, el entrenamiento de la fuerza debería efectuarse, dependiendo del objetivo, de forma general o específica, con intensidad elevada o media y con velocidad de movimientos explosiva o lenta. No existe un entrenamiento de la fuerza para todos los objetivos. Toda modalidad tiene su correspondiente perfil de requisitos de fuerza; la fuerza debe entrenarse en función de dicho perfil.

Factores que influyen sobre la fuerza momentánea

Motivación, estrés emocional, hipnosis

Como muestra la figura 151, la capacidad de rendimiento del hombre se puede clasificar en varios ámbitos, cuya movilización requiere diferentes niveles de voluntad.

Los ámbitos de los rendimientos automatizados (hasta un 15 %) y de la disponibilidad fisiológica para el rendimiento (15-35 %) exigen, según Hettinger (1966, 32), esfuerzos escasos o medianos de voluntad. La movilización de las reservas de uso habituales (35-65 %) necesita esfuerzos considerables de voluntad y va unida a una fatiga relativamente intensa. Finalmente, las reservas protegidas de forma autónoma (65-100 %) son un ámbito accesible solamente a través de estados emocionales, hipnosis o fármacos (p. ej., dopaje). Se trata aquí de rendimientos que pueden producir, en determinadas circunstancias, el agotamiento total. Hettinger denomina umbral de movilización el límite entre los ámbitos de las reservas de uso habituales y de las reservas protegidas de forma autónoma.

El *umbral de movilización* se puede desplazar en condiciones de motivación (Stoboy, 1973, 151) y con la ayuda de un entrenamiento específico, de forma que un deportista muy entrenado y motivado puede desarrollar, en comparación con un hombre vigoroso no entrenado, fuerzas mayores con la misma sección transversal de los músculos.

Como causa de este fenómeno podemos aducir el mayor número, ya mencionado (v. pág. 257), de unidades motoras inervadas en el sujeto entrenado. Así se entiende también que en condiciones de hipnosis el ascenso de fuerza máxima en el sujeto no entrenado alcance el 30 %, mientras que en el sujeto entrenado se queda en torno al 10 % (Hettinger, 1966, 29). El sujeto entrenado ha desplazado considerablemente el umbral de movilización hacia el ámbito de la protección autónoma.

Periodo del día

La figura 152 muestra los cambios producidos a lo largo del día en la capacidad de rendimiento del hombre.

La evolución de esta curva del ritmo diario es la resultante del comportamiento de todas las funciones corporales. Dentro de ciertos límites se la puede considerar válida también para la fuerza muscular. En el estudio de Huesch (citado en Hettinger, 1966, 87) se encontraron oscilaciones diarias de la fuerza en torno al 5 %. El máximo de fuerza tiene lugar por la mañana y el mínimo, por la noche. Sin embargo aquí hemos de tener en cuenta que los hábitos de entrenamiento (p. ej., entrenamiento por la tarde) pueden regular a largo plazo los momentos de mayor capacidad de rendimiento.

Factores que influyen sobre el aumento de la fuerza producido por el entrenamiento

Ganancia o pérdida de fuerza dependiendo del periodo de adquisición

De forma muy general se puede decir que un aumento de la fuerza adquirido rápidamente se pierde con igual rapidez una vez que se interrumpe el entrenamiento; en cambio, un nivel de fuerza elevado adquirido durante años se pierde de forma muy progresiva.

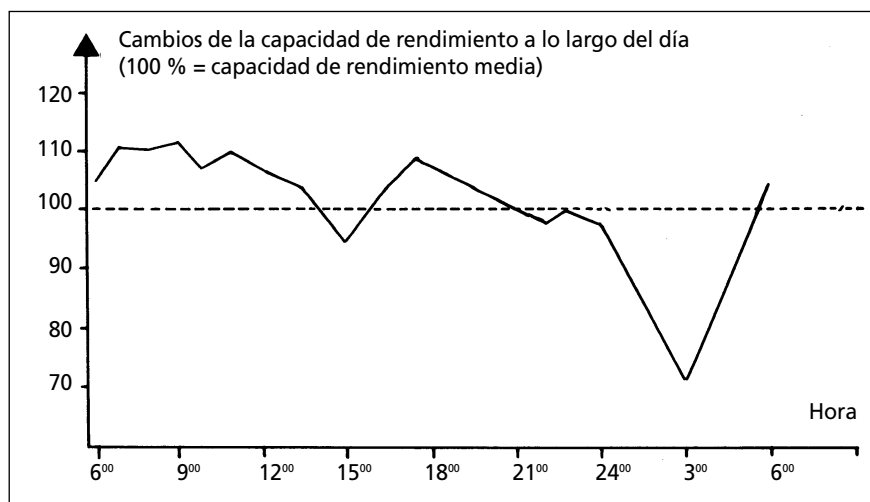


Figura 152. Cambios de la capacidad de rendimiento del hombre en los distintos momentos del día (de Graf, citado en Hettinger, 1966, 86).

En reposo absoluto el músculo puede perder hasta un 30 % de su fuerza en el transcurso de una semana.

Se ha constatado además que la fuerza adquirida permanece durante más tiempo si el aumento es resultado no sólo de la inervación de más unidades motoras, sino también de un crecimiento de la masa muscular (cf. Adam/Verjovanski, 1974, 90).

Adquisición de fuerza dependiendo del nivel inicial

Como se puede ver en la figura 153, el efecto del entrenamiento depende del nivel inicial.

El recorrido de la curva muestra que los porcentajes de aumento mayores se consiguen al inicio de un entrenamiento. Al aproximarse a la fuerza máxima final del individuo, la tasa de aumento descende de forma pronunciada.

Para evaluar el desarrollo de la fuerza en el proceso de entrenamiento es razonable hablar de fuerza inicial, fuerza relativa y fuerza límite o final:

Fuerza inicial = fuerza máxima al inicio del entrenamiento.

Fuerza relativa = fuerza máxima durante el proceso de entrenamiento.

Fuerza límite = fuerza máxima individual que se puede conseguir una vez terminado el proceso de entrenamiento.

La existencia de la fuerza relativa nos permite también comprender el diferente grado de entrenabilidad de los distintos grupos musculares (fig. 154).

Los músculos utilizados con frecuencia, como, por ejemplo, los flexores de los dedos, han conseguido un nivel de fuerza relativamente alto y su entrenabilidad en el transcurso posterior es peor que la de otros músculos menos trabajados, que en la vida diaria sufren un desgaste relativamente bajo en relación con su capacidad, como, por ejemplo, los extensores del pie.

Así pues, con la misma fuerza relativa, el aumento medio de la fuerza de todos los músculos coincide con el recorrido de la curva de la figura 153.

Adquisición de fuerza dependiendo de la intensidad de la contracción muscular

Las contracciones con fuerza máxima producen un ascenso de la fuerza más rápido e intenso que las contracciones con fuerza submáxima (Groh, 1992, 114; Karl, 1972, 275; Röcker y cols., 1971, 281 s.).

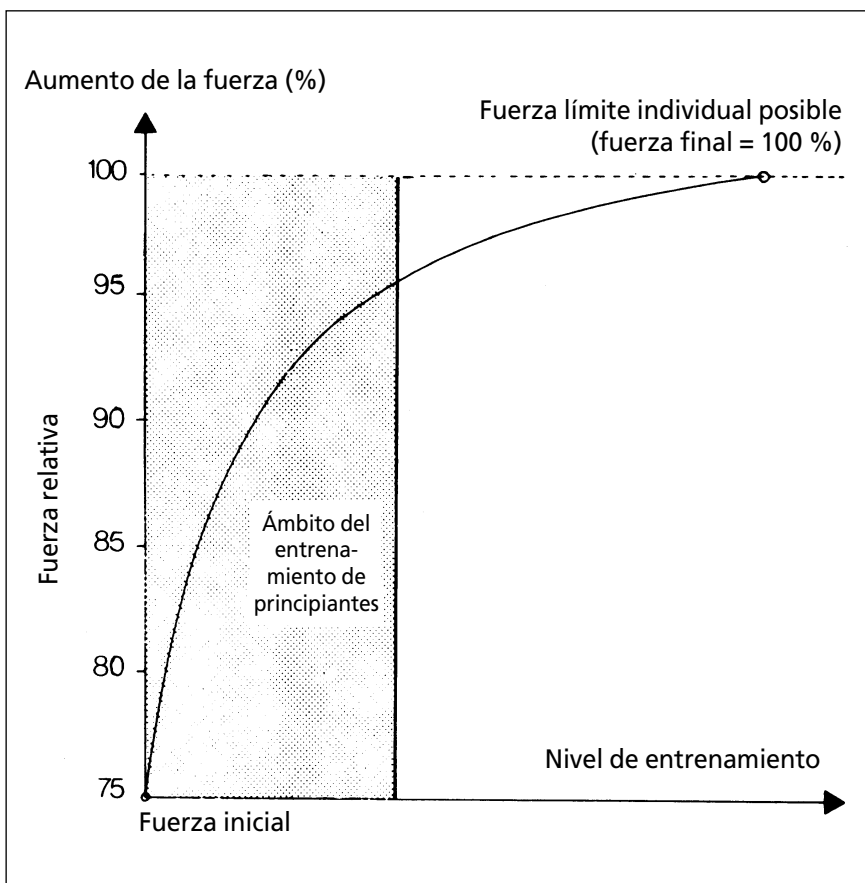


Figura 153. Aumento de la fuerza relativa hasta la fuerza límite, destacando de forma especial el ámbito del principiante.

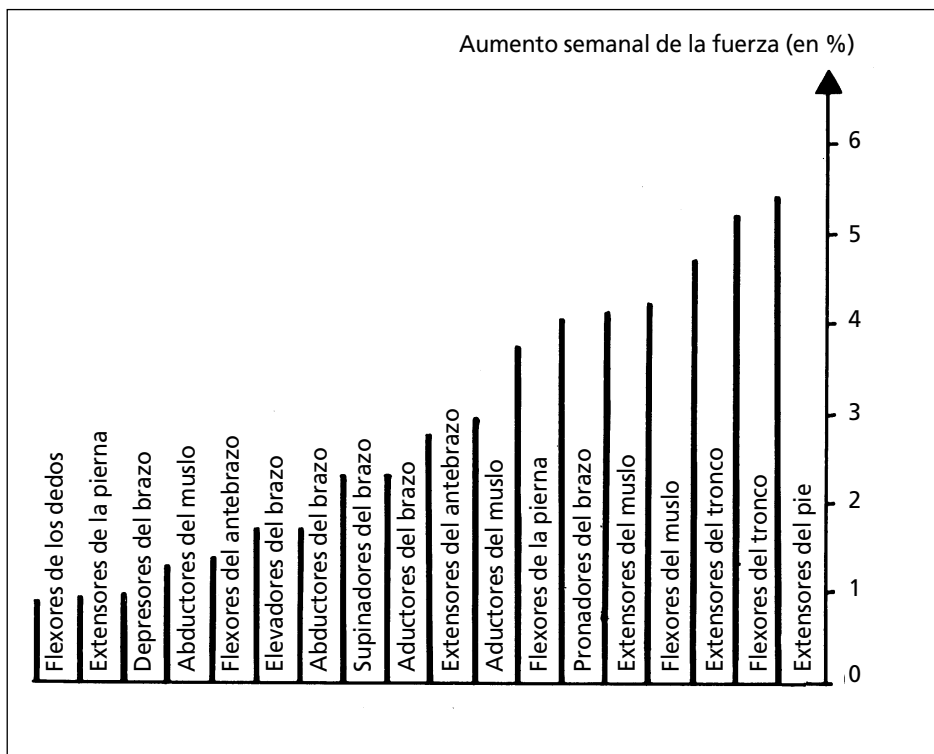


Figura 154. Entrenabilidad de diferentes grupos musculares (de Hettinger, 1966, 78).

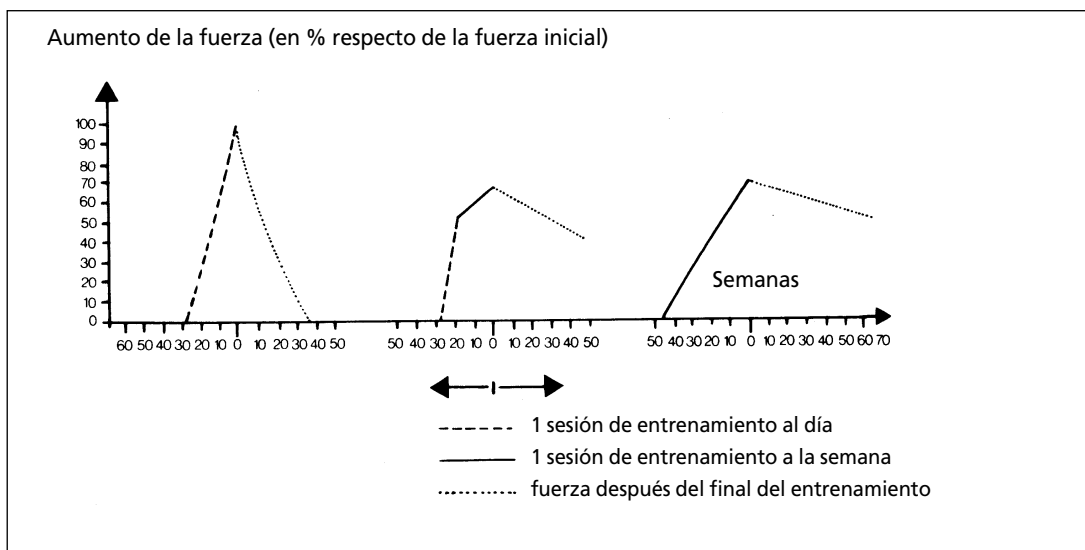


Figura 155. Velocidad del ascenso de la fuerza dependiendo de la frecuencia de entrenamiento; comportamiento de la fuerza después de terminado el entrenamiento (Weineck, tomado de Hettinger, 1972, 163).

Adquisición de fuerza dependiendo de la realización de contracciones unilaterales o bilaterales

Como muestran los estudios de Kibele/Müller (1989, 82), si se practica una contracción muscular unilateral (p. ej., de una sola pierna) se produce un aumento significativo de la actividad, mientras que la contracción bilateral provoca una caída. Se supone que las contracciones máximas unilaterales y bilaterales (isométricas) se caracterizan a nivel neuromuscular por diferentes esquemas de reclutamiento y/o de frecuencia. Además parece existir una secuencia diferente de la coordinación intermuscular (cf. Kibele/Müller, 1989, 80).

Consecuencia para la práctica del entrenamiento. Para poner en marcha modelos de actividad muscular máxima, se debe dar prioridad a la aplicación unilateral de la fuerza.

Adquisición de fuerza dependiendo del volumen, o sea, de la duración de las contracciones musculares

El aumento del rendimiento no discurre de forma lineal y en paralelo a la cantidad de entrenamiento, pero con un volumen elevado se consigue un ascenso más rápido (en condiciones por lo demás iguales) que con un volumen escaso (cf. Mellerowicz, 1972, 124; Marhold, 1964, 617). Las contracciones musculares de hasta 30 s de dura-

ción conducen en menos tiempo a la fuerza límite que las contracciones de 1 s (Groh, 1972, 114).

Adquisición de fuerza dependiendo de la calidad del entrenamiento

La calidad de entrenamiento se refiere, entre otros aspectos, a la relación entre intensidad y volumen. Si el entrenamiento de la fuerza busca alcanzar la fuerza límite con la mayor rapidez posible, la intensidad (fuerza de la contracción muscular) tiene preferencia frente al volumen (cantidad). Como ha demostrado Mellerowicz (1972, 126) en un experimento con gemelos, el aumento del rendimiento, con un trabajo físicamente idéntico, es mayor si se entrena con intensidad elevada y volumen escaso que si se entrena con poca intensidad y con mucho volumen.

Adquisición de fuerza dependiendo de la frecuencia de entrenamiento

La frecuencia de entrenamiento es un factor muy importante para la velocidad del ascenso de la fuerza (fig. 155).

Hettinger (1966, 46/62) ha podido constatar en el entrenamiento isométrico que un estímulo de entrenamiento único aumenta la fuerza de partida entre un 1 % y un 4 % (dependiendo del grupo muscular); del aumento total de fuerza, al mismo día del entrenamiento le correspondería un 56 %, al segundo día, un 39 % y al séptimo, sólo un 0,6 %.

De ello se deduce que la adquisición de fuerza de un entrenamiento ocurre ya en el primer día de entrenamiento. Para aprovechar este efecto favorable y optimizar la adquisición de fuerza hemos de buscar el entrenamiento diario (en determinadas circunstancias dos veces al día). Después de un intervalo de 14 días sin entrenar no se observa efecto alguno del estímulo de entrenamiento previo; por tanto, podemos asumir que después de un estímulo de

entrenamiento único la fuerza asciende de forma parabólica, para descender progresivamente (fig. 156).

En el deporte escolar esto significa que una clase de gimnasia cada 14 días no es apropiada para la mejora del rendimiento, pues la frecuencia de entrenamiento es insuficiente.

Adquisición de fuerza dependiendo del método y de la modalidad de realización del entrenamiento

No todos los métodos de entrenamiento producen un ascenso de la fuerza igualmente rápido.

Como criterio general consideramos que los métodos de entrenamiento pueden producir, dependiendo de la modalidad de realización (v. pág. 328 s.), un efecto a corto, medio y largo plazo.

El ascenso rápido de la fuerza lo producen sobre todo los métodos que mejoran rápidamente, sin hipertrofia, la capacidad de rendimiento neuromuscular. Se trata de métodos basados en un trabajo explosivo, pliométrico (v. pág. 257) o excéntrico (v. pág. 252), con picos de carga elevados. Con ellos se consiguen ascensos de la fuerza después de una sola sesión de entrenamiento. En este contexto se intenta que el deportista “eche chispas” antes de una competición.

Sin embargo, si se utilizan los mismos métodos en bloques de entrenamiento, por ejemplo, dentro de un ciclo de 3 semanas, puede producirse de forma transitoria una caída de rendimiento, a la que sigue, 10 o 12 semanas después, un marcado “pico” de fuerza. Aquí nos referimos sobre todo a los ciclos de entrenamiento utilizando el método excéntrico “120–80” (v. pág. 253) o el método excéntrico, intensificados por el método de contrastes (v. pág. 244).

La aparición retardada de un efecto de entrenamiento se explica por una serie de procesos de transformación

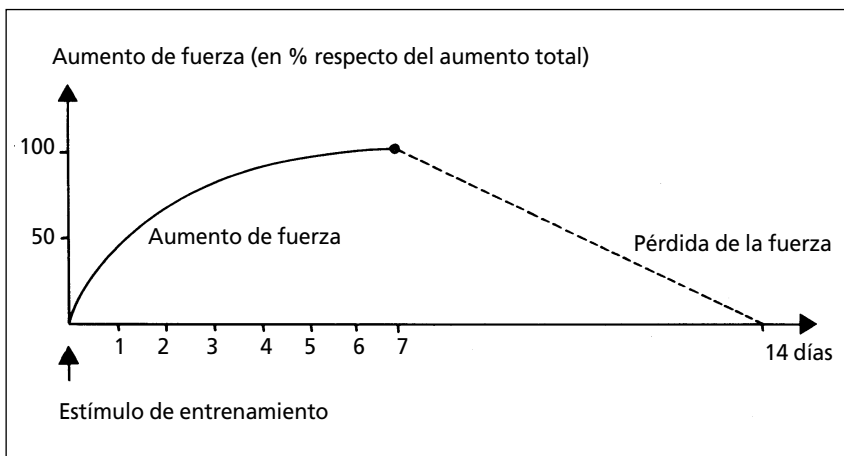


Figura 156. Aumento y pérdida de fuerza después de un único entrenamiento (el aumento de fuerza alcanzado mediante el estímulo de entrenamiento se señala como 100 %).

neuronales y morfológicos, que originan una redistribución porcentual (inducida por el trabajo) de subunidades de miosina de diferentes grados de velocidad (dentro del mismo tipo de fibra muscular; cf. Rapp/Weicker, 1982, 58); el entrenamiento provoca una modificación de las “cadenas ligeras” dentro de determinadas fibras musculares (p. ej., de las fibras IIb), y por tanto cambios específicos de las propiedades de la fuerza (cf. también Tidow/Wiemann, 1993, 94).

En el apartado “Periodización” (v. pág. 328) exponemos de forma detallada el efecto a corto, medio y largo plazo.

Adquisición de fuerza dependiendo de la utilización y del orden de los contenidos de entrenamiento

La relación entre los contenidos de entrenamiento, en el sentido de una sucesión ordenada, modifica igualmente, según Adam/Verjovanski (1974, 144/145), el efecto de los ejercicios utilizados y la calidad de la fuerza adquirida. Por ejemplo, un ejercicio intensivo a corto plazo con unas halteras, seguido de ejercicios de salto, tiene un efecto sobre la fuerza rápida mayor en este orden que en el orden inverso.

Adquisición de fuerza dependiendo de efectos de entrenamiento contralaterales y de contracciones suplementarias

Al entrenar, por ejemplo, el brazo izquierdo, aumenta también la fuerza del brazo derecho debido al efecto contralateral (Shaver, 1970, 170). Se cree que las fibras del bulbo raquídeo que no se cruzan hacia el lado contrario –un 10 % aproximadamente– influyen directamente sobre los músculos homolaterales.

Hemos de indicar, no obstante, que sólo aparecen aumentos de fuerza significativos en el lado contralateral cuando se trabaja con fuerza máxima en el lado del entrenamiento (cf. Thépaut-Mathieu, 1993, 20).

Podemos señalar además que, al entrenar los flexores del brazo, la tensión de la flexión, por ejemplo, del brazo izquierdo, crece –y por tanto también el estímulo de entrenamiento– si se tensan simultáneamente los extensores del otro brazo (Adam/Werchoshanskij, 1974, 74).

Adquisición de fuerza dependiendo de factores endógenos

Los efectos del entrenamiento y el aumento del rendimiento están determinados por la edad (v. pág. 224), el sexo (v. pág. 225) y la constitución física. Una constitución atlética conseguirá siempre un aumento de la fuerza con mayor rapidez y facilidad que una constitución asténica o pícnica debido a la mayor reserva de fibras musculares; dicha reserva está determinada genéticamente y se expresa en una mayor sección transversa y en una mayor presencia de fibras musculares de contracción rápida, que responden particularmente bien ante el entrenamiento de la fuerza.

Adquisición de fuerza dependiendo de factores exógenos

Véase a este respecto también los apartados previos.

1. Nutrición

La nutrición desempeña un papel importante para optimizar la adquisición de fuerza (v. también pág. 593). Conviene que el aporte proteico de la dieta diaria sea elevado

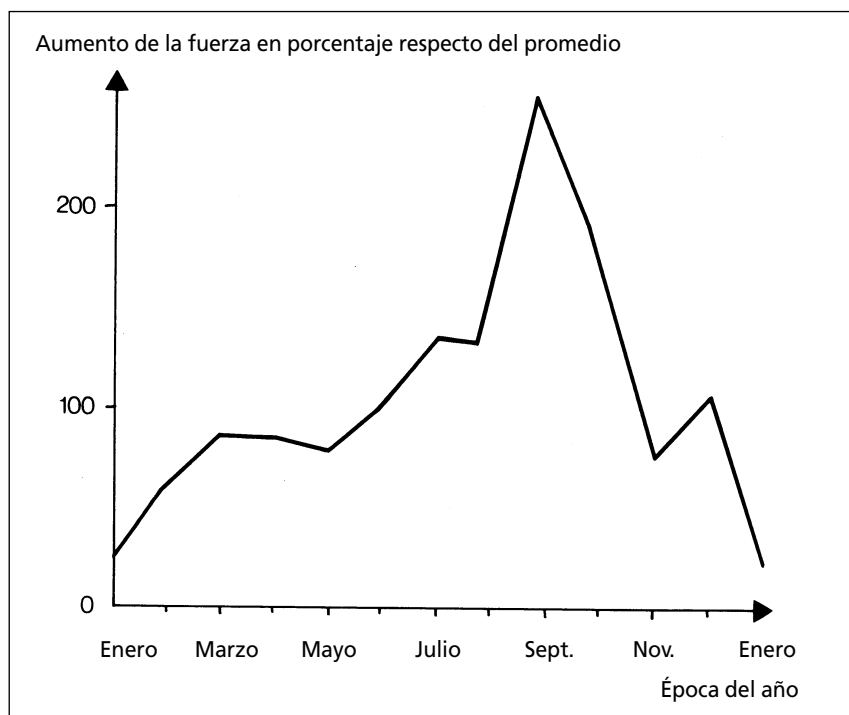


Figura 157. Promedio de aumento semanal de la fuerza dependiendo de la época del año (de Hettinger, 1972, 132).

(hasta 3-3,5 g aproximadamente por kilogramo de peso corporal). Los concentrados de proteínas interesan por la reducción del volumen de ingesta y porque la formación de estructuras proteicas contráctiles se enriquece con aminoácidos esenciales (no producidos por el propio cuerpo).

2. Época del año

Como se puede ver en la figura 157, el efecto de entrenamiento presenta diferencias considerables en el transcurso del año.

Manteniendo el mismo método, el grado de incidencia del entrenamiento de la fuerza desciende a la mitad entre los meses de invierno y los de verano (Hettinger, 1965, 69).

Como causa de las diferencias en el efecto del entrenamiento, Hettinger (1986, 89) menciona la radiación ultravioleta, cuyo nivel máximo se alcanza en los meses de julio y agosto. El hecho de que el pico de crecimiento de la fuerza se sitúe en septiembre lo explica por el efecto retardado de la radiación ultravioleta.

El mecanismo de incidencia de la radiación ultravioleta discurre posiblemente a través de las glándulas suprarrenales; por lo general se acepta que allí se produce una movilización de las hormonas sexuales masculinas, con la consiguiente mejora de la capacidad de entrenamiento (Hettinger, 1966, 94).

La pérdida de este efecto de entrenamiento en los meses de invierno se puede compensar con radiación ultravioleta artificial. Conviene señalar que el efecto de mejora del rendimiento a través de la radiación ultravioleta sólo se produce si se llega a la formación de eritema (enrojecimiento de la piel; Hettinger, 1965, 69; Kusnecova, 1979, 26).

Interesa señalar también que una dosis de rayos ultravioleta capaz de inducir eritema mejora una serie de *factores psicológicos*, como la valoración optimista de uno mismo, la movilidad y la atención, factores que influyen considerablemente sobre la capacidad de rendimiento (cf. Greiter y cols., 1980, 336).

Métodos y contenidos del entrenamiento de la fuerza

La práctica del entrenamiento plantea, dependiendo de la modalidad, los siguientes interrogantes en relación con el tipo de entrenamiento de la fuerza, con los métodos y los contenidos (cf. Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 95):

- ¿Se necesita un entrenamiento de la fuerza general o específico?
- ¿Se necesita fuerza máxima, fuerza rápida o resistencia de la fuerza?
- ¿Interesa enfocar el trabajo de entrenamiento hacia la mejora de la coordinación muscular, hacia la hipertrofia o hacia ambas?
- ¿Se ha de efectuar el entrenamiento de la fuerza en relación con secuencias motoras específicas de la disciplina?
- ¿Se hace trabajar el músculo sólo en determinados ámbitos parciales?

A partir de estos interrogantes deducimos la correspondiente orientación metodológica y de contenido del entrenamiento de la fuerza.

Parece razonable clasificar los diferentes métodos de entrenamiento tomando como criterio los tipos de contracción.

Distinguimos en este aspecto el entrenamiento dinámico o auxotónico y el estático o isométrico.

Entrenamiento dinámico o auxotónico

El *entrenamiento de la fuerza dinámico* se menciona a menudo en la literatura especializada como *entrenamiento de la fuerza isotónico*. Sin embargo aquí renunciamos a esta denominación, pues en la práctica no existe un entrenamiento isotónico puro. En el entrenamiento deportivo de la fuerza se trabaja con formas mixtas de contracción muscular, que incluyen porcentajes isotónicos e isométricos, formas por tanto *auxotónicas*.

El entrenamiento de la fuerza *dinámico* se subdivide en entrenamiento de la fuerza dinámico positivo y dinámico negativo:

- Entrenamiento de la fuerza *dinámico positivo* = de superación = concéntrico = de acortamiento = de aceleración.
- Entrenamiento de la fuerza *dinámico negativo* = de aflojamiento = excéntrico = de frenado = de retardo.

La unión de los trabajos dinámico negativo y dinámico positivo se encuentra, con una transición *progresiva* entre ambos, en el entrenamiento *isocinético* (con algunas particularidades añadidas en el recorrido de la fuerza, v. pág. 255), y con una transición *abrupta*, aprovechando el reflejo de estiramiento, en el entrenamiento *pliométrico* (v. pág. 257).

Entrenamiento dinámico positivo (entrenamiento concéntrico)

Para este tipo de entrenamiento, el más corriente en la práctica deportiva, se produce un desarrollo de la fuerza

asociado a un acortamiento muscular, de acuerdo con la fórmula “trabajo = fuerza (kp) × espacio (m)”.

Ventajas del entrenamiento dinámico positivo

- Se puede hacer trabajar de forma específica, mediante ejercicios de imitación, a los músculos participantes en la cadena de movimientos y el tipo de contracción que pida el ejercicio de competición.
- Con este método se tiene en cuenta con toda exactitud la velocidad de movimientos específica de la competición y la dinámica característica de dichos movimientos.
- Además del aumento de fuerza, se produce una mejora de la coordinación neuromuscular.
- Dependiendo del tipo de realización y del número de repeticiones, el entrenamiento dinámico permite entrenar en mayor medida la fuerza máxima, la fuerza rápida o la resistencia de fuerza.

Por ello, el entrenamiento de la fuerza dinámico positivo es especialmente importante en las modalidades que buscan un alto nivel de resistencia de fuerza y de fuerza y velocidad de movimientos, y que conllevan además exigencias técnicas elevadas (como, p. ej., los saltos y lanzamientos en atletismo).

- Resulta especialmente adecuado para el entrenamiento de musculación (v. pág. 274), pues con resistencias escasas o medias, ritmo de ejecución moderado y número de repeticiones elevada no supone excesiva carga física ni psíquica.

- Después de las cargas concéntricas, la musculatura se recupera con mayor rapidez que con otros métodos de entrenamiento. La figura 158 muestra que unas agujetas provocadas por entrenamiento concéntrico han desaparecido al cabo de 3 días.

Inconvenientes del entrenamiento dinámico positivo

- Los estímulos de entrenamiento se mantienen a menudo por debajo del umbral, pues la fuerza aplicable durante el movimiento tiene que orientarse en función de la fuerza disponible en el transcurso de dicho movimiento, y la contracción necesaria de la musculatura no se puede mantener el tiempo suficiente para poner en marcha las reacciones químicas que requieren los procesos de musculación (v. Hettinger, 1965, 66).

Con cargas situadas por debajo del 66 % de la fuerza máxima individual, y en personas entrenadas, la fuerza máxima isométrica (como magnitud de medición habitual para determinar el nivel individual de fuerza máxima) no se consigue aumentar, según MacDonagh/Davies (1984, 139), ni siquiera con 150 repeticiones por día. Las adquisiciones de fuerza máximas (entre 1,1 y 3 % al día) sólo se han podido conseguir con pesos superiores. Así pues, este método de entrenar la fuerza por sí solo no aporta progresos para los principiantes si no se utiliza con cargas elevadas (con los consiguientes riesgos para el aparato locomotor pasivo); la circunstancia resulta problemática sobre todo en el ámbito juvenil.

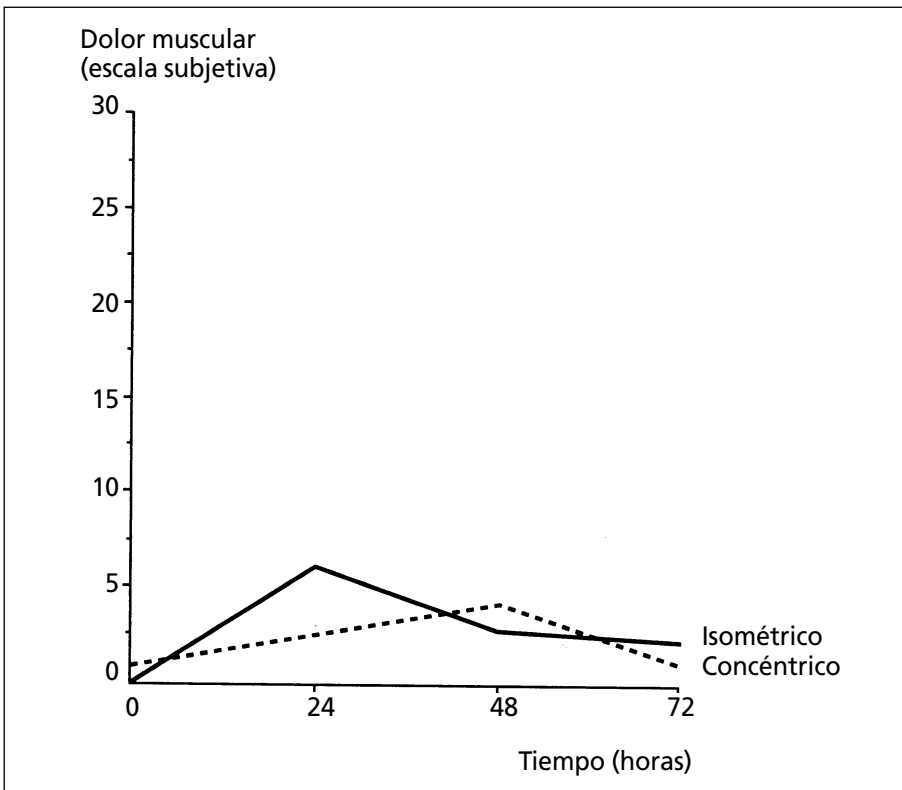


Figura 158. Evolución del cuadro sintomático de las agujetas (como expresión del desgaste muscular) con entrenamiento isométrico y concéntrico (de Talag, 1973, 458).

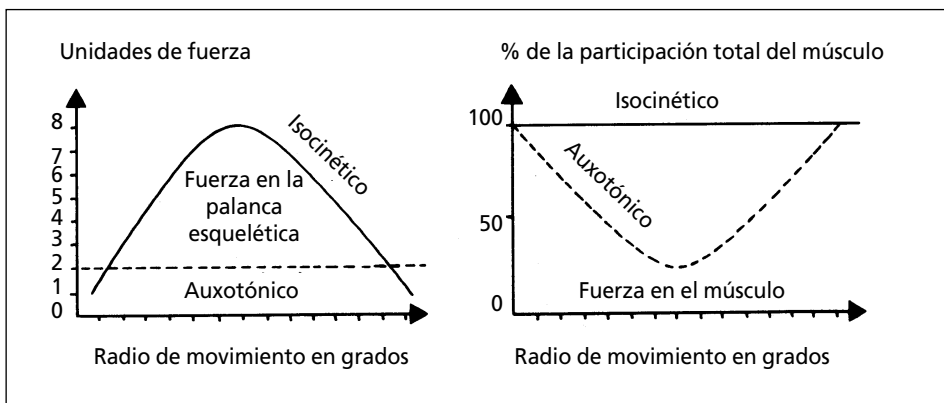


Figura 159. Cambios de la fuerza en la palanca esquelética y en el músculo con entrenamiento de la fuerza isocinético y auxotónico.

- En un determinado movimiento deportivo no se inervan todas las fibras musculares de un músculo, sino sólo una cantidad determinada. Esta circunstancia produce un escaso desarrollo de la fuerza máxima.
- Cuando se trabaja con un ángulo desfavorable –por ejemplo, empujando en decúbito supino para levantar un peso desde el pecho (prensa de banca)– se desarrollan tensiones enormes, que disminuyen de forma muy pronunciada al progresar la realización del movimiento y al incrementarse la aceleración del peso (fig. 159). De esta manera se cargan de forma muy intensa los fascículos o grupos musculares utilizados al inicio del movimiento (circunstancia a menudo asociada a la formación de agujetas), y de forma insatisfactoria, los participantes en la extensión final.
- Estos métodos no permiten aumentar los componentes elásticos del músculo y por tanto su rigidez (*stiffness*) (v. pág. 258); al contrario, se produce incluso una disminución de éstos (cf. Poulain/Pertuzon, 1988, 167; Duchateau, 1993, 51). Esto implica que un entrenamiento puramente dinámico positivo no sería suficiente para una preparación óptima en modalidades de salto y juego,

pues aquí se aplican fuerzas excéntricas intensas, que plantean exigencias máximas a los componentes elásticos de la musculatura.

Métodos del entrenamiento dinámico positivo

Con el fin de evitar malentendidos, hemos de señalar desde un principio que por “entrenamiento dinámico positivo” entendemos la prioridad del componente de superación dentro de un movimiento: por ejemplo, en el ejercicio de la plancha, la extensión del brazo levantando el tronco del suelo constituye el “movimiento crítico”; el descenso siguiente sólo sirve para efectuar nuevas acciones dinámicas positivas. Otro ejemplo: flexión de la rodilla en ambas piernas (componente dinámico negativo) como preparación para una extensión de la rodilla con una pierna (componente dinámico positivo). Queda claro que en estos movimientos el factor limitador del rendimiento es su componente “de superación”, pues la fuerza dinámica negativa (v. pág. 255) es siempre mayor que la dinámica positiva y sólo se puede entrenar en la forma “típica”, “excéntrica”, mediante cargas supramáximas.

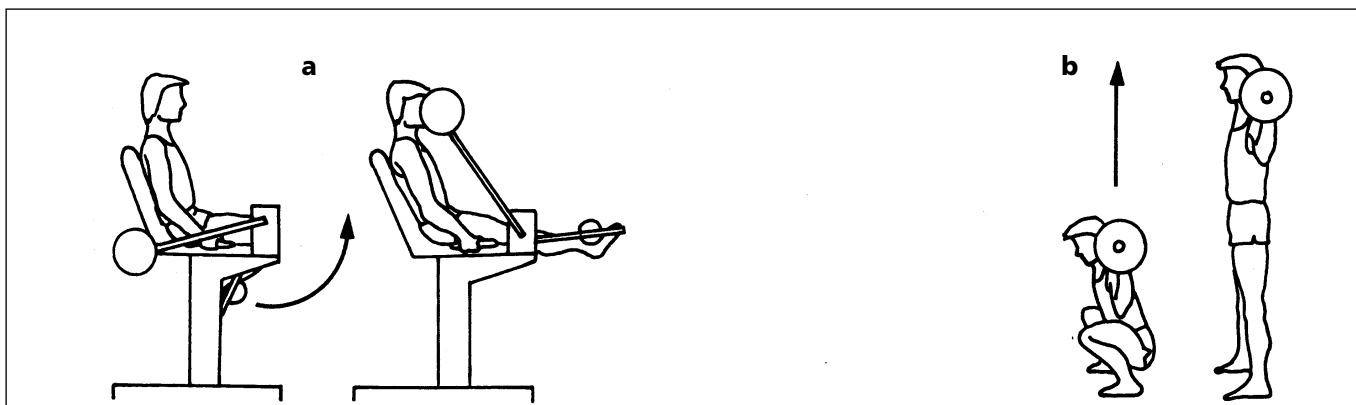


Figura 160. Superserie “de los agonistas” con carga doble (y en la misma dirección) del mismo músculo mediante dos ejercicios diferentes: a) extensión de pierna, b) extensión de rodilla partiendo de la flexión de rodilla.

Si nos referimos al entrenamiento concéntrico en su “forma pura” (esto es, sin movimiento preparatorio dinámico negativo) haremos mención expresa de ello (v. p. ej., pág. 249).

Entre el abanico de métodos utilizados en la práctica del entrenamiento expondremos aquí sólo, y de forma breve, los más importantes (cf. Cometti, 1988, 204–210).

Atención. RM = repeticiones máximas. Una carga (de peso) se escoge de tal modo que permita como máximo un número determinado de repeticiones (p. ej., seis).

Como norma general creemos que en el actual deporte de elite resulta indispensable un entrenamiento de la fuerza durante todo el año, pero también, en condiciones distintas, en el deporte popular.

1. Métodos americanos clásicos

a) Las “superseries”

La *superserie* “de los antagonistas”. Con este método se entrena primero el agonista e inmediatamente después el antagonista.

Ejemplo. A una serie de ejercicios que entrenan el tríceps braquial (extensor del brazo), por ejemplo, mediante planchas, le siguen una serie de ejercicios que entrenan sus antagonistas, el bíceps braquial (flexor del brazo), por ejemplo, mediante tracciones de escalada.

La *superserie* “de los agonistas”. Con este método se somete a carga el mismo grupo muscular dos veces seguidas, mediante dos series de ejercicios diferentes.

Ejemplo. Después de una serie (entre ocho y doce repeticiones) en la máquina de extensores de la pierna –que fortalece el cuádriceps femoral, extensor de la pierna– se efectúa una serie de flexiones de rodilla con una haltera de discos (v. fig. 160).

En las superseries se pueden encadenar sucesivamente, en caso de necesidad, tres series de ejercicios.

El objetivo de estas superseries es el agotamiento completo del grupo muscular en cuestión y el correspondiente estímulo de hipertrofia asociado a dicho agotamiento.

b) Las series “quemadoras”

Este método consiste en efectuar diez repeticiones (número máximo que permite el peso elegido) de un determinado ejercicio hasta el agotamiento, para continuar con

cinco o seis repeticiones con movimientos parciales (fragmentos de la secuencia motora precedente). Después de esta serie de cargas se crea en el músculo la sensación subjetiva de una “quemazón” (de Richford, 1966).

Ejemplo. Diez flexiones de brazo máximas con la barra (halter; desde la extensión hacia la flexión del brazo) y después otras cinco o seis flexiones, si bien comenzando desde una flexión en ángulo recto (con lo cual el movimiento acorta su amplitud y evita el ángulo inicial, menos favorable). Este ejercicio sirve también para entrenar el aumento de sección transversa del músculo, y es especialmente eficaz en el ámbito del brazo.

c) Las series “forzadas”

Con este método se trata de realizar una serie máxima de diez, seguida de otras tres o cuatro repeticiones. Aquí un compañero apoya el movimiento permitiendo que se realicen estas repeticiones añadidas.

Ejemplo. Extensión de la rodilla a partir de la flexión con ayuda de elevación final del compañero.

Este método sirve, al igual que el precedente, para fortalecer la voluntad, permitiendo además al deportista soportar un trabajo de fuerza grande durante un período de tiempo prolongado: el músculo adquiere la capacidad de trabajar incluso en condiciones de acidosis máxima (a través de los mecanismos de adaptación de las enzimas).

También este ejercicio es indicado para desarrollar una hipertrofia muscular, y es especialmente eficaz en el ámbito del brazo.

d) Series “de superbombeo”

Este método se aplica sobre todo en el ámbito del culturismo. Consiste en realizar entre 15 y 18 series con el mismo movimiento. Con intensidad máxima no se realizan más de dos o tres repeticiones por serie, con una pausa de sólo 15 segundos entre una serie y otra. Este método sólo resulta apropiado para las extremidades superiores; su utilización no es imaginable para las grandes masas musculares de las piernas o de la espalda. Sirve como entrenamiento de hipertrofia muscular en deportistas avanzados en modalidades de fuerza.

e) Series “de engaño” o “facilitadas”

Con este método el inicio del movimiento se facilita mediante movimientos suplementarios. De esta forma el deportista domina pesos que en otras circunstancias le resultarían imposibles. Además, las contracciones elevadas inciden sobre el músculo durante un período de tiempo prolongado, lo que favorece el aumento de masa muscular.

Ejemplo. Entrenamiento del bíceps con haltera en postura de pie con “empuje de ayuda” inicial del tronco (mediante retroceso brusco de la parte superior del cuerpo).

Atención. Hemos de procurar, sobre todo si trabajamos con principiantes, que los movimientos suplementarios del tronco no deriven hacia una hiperlordosis de la columna vertebral, con sus efectos negativos sobre los discos intervertebrales y las pequeñas articulaciones vertebrales.

f) *El método de masa muscular*

En este método se efectúan tres series con cinco o seis repeticiones máximas. Resulta especialmente apropiado para desarrollar la musculatura de la espalda y de las piernas.

g) *Método de la progresión “doble”*

Este método transcurre en dos etapas: en la primera la carga (p. ej., el peso de las halteras) se mantiene constante,

y se aumenta el número de repeticiones. En la segunda fase se reduce el número de repeticiones para aumentar la carga (el peso; v. tabla 32).

Este método resulta apropiado para fortalecer la musculatura de la espalda y de las piernas, pero menos para el desarrollo de extensores y flexores de los brazos.

La tabla 33 muestra un resumen general de la eficacia de algunos de los métodos americanos clásicos anteriormente descritos.

2. *Método de contrastes*

El método de contrastes –conocido también como “método búlgaro” por el país donde se comenzó a aplicar– intenta, como su nombre indica, transmitir al sistema neuromuscular estímulos de entrenamiento nuevos, inhabituales y por tanto de la máxima eficacia, mediante aplicaciones de fuerza completamente opuestas. El contraste puede darse

Serie	Repeticiones	Peso (kg)
1	4	60
2	6	60
3	8	60
4	10	60
5	12	60
6	10	70
7	8	80
8	6	90
9	4	95

Tabla 32. El método de la progresión doble

Prueba	Pirámide descendente	Superseries	Series de engaño	Masa muscular	Progresión doble
Fuerza de flexión del brazo	11*	12*	23*	8	7
Fuerza de extensión del brazo	9**	9	66**	9	25*
Fuerza de la espalda y de las piernas	24**	21*	27*	← 24**	13

Tabla 33. Comparación de diferentes métodos de entrenamiento en relación con su eficacia sobre el desarrollo de la fuerza de los brazos, las piernas y la espalda. Grupos de 20–29 estudiantes entrenaron dos veces a la semana durante ocho semanas. A continuación se calculó el aumento de fuerza porcentual (modificado de Leighton y cols., 1967, 79). * significativo, ** muy significativo

en la sucesión de ejercicios opuestos dentro de una sesión de entrenamiento o bien dentro de una serie aislada. Así pues, distinguimos en principio dos variantes principales, a saber, el método de contraste dentro de una sesión de entrenamiento y el método de contraste dentro de una serie. Ambas variantes presentan un abanico de subvariantes.

El objetivo de los diversos métodos de contraste es prevenir la monotonía de cada uno de los diferentes métodos habituales, y de esta forma el riesgo de un estancamiento en el desarrollo de la fuerza (representada por un recorrido horizontal de la gráfica; cf. fig. 161).

a) *Método de contraste dentro de una sesión de entrenamiento*

El método de contraste clásico. En este método el cambio se produce moviendo alternativamente pesos pesados y ligeros con realización explosiva del movimiento.

Ejemplo. A una serie de seis repeticiones máximas con una carga de entre el 60 % y el 80 % –aquí con velocidad de movimiento lenta, debido a la cuantía del peso y a pesar de la aplicación máxima de fuerza– le sigue una serie con una carga de entre el 30 % y el 50 % y con mucha velocidad de movimiento.

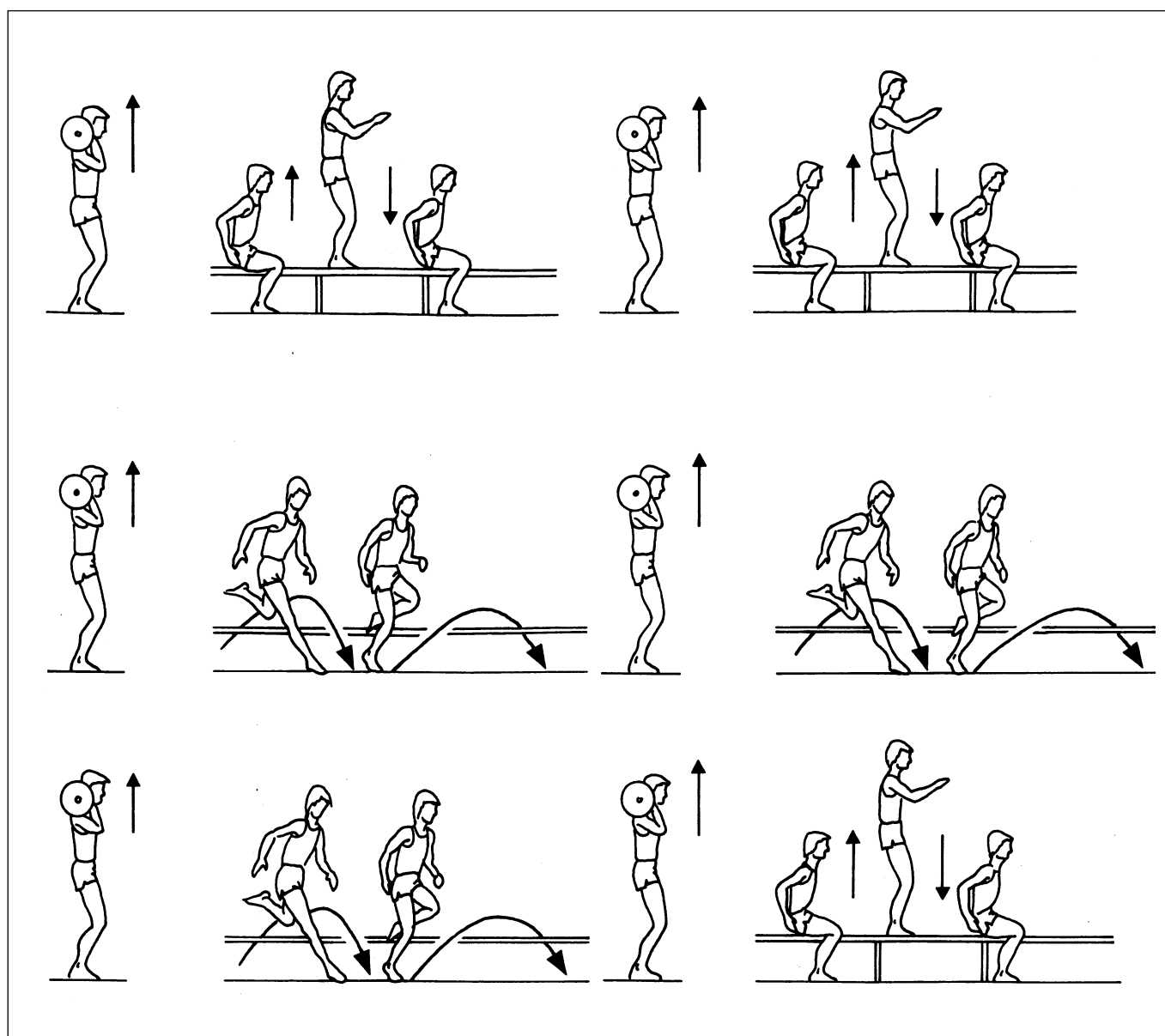


Figura 161. Variantes del método de contraste con orientación concéntrica, “con y sin carga adicional”. Entre las diferentes series (1, 2, 3, 4) se establece una pausa de 3 minutos (modificado de Cometti, 1988, tomo 2, 40).

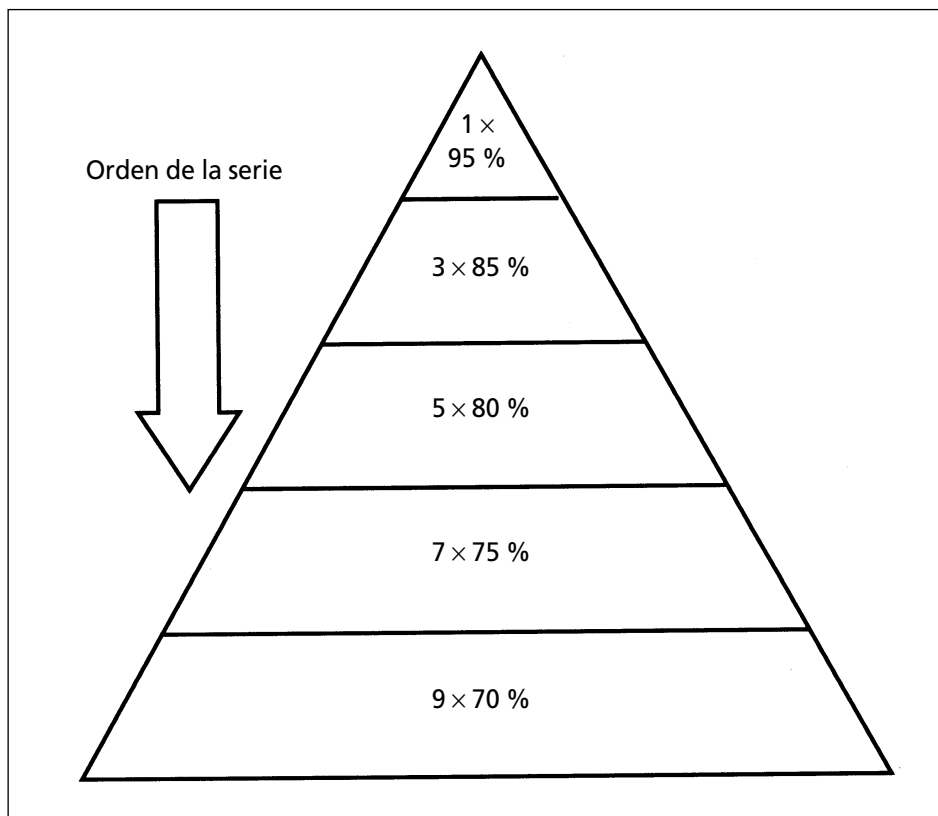


Figura 162. Método de la “carga decreciente” con número de repeticiones variable.

Con este método se deben realizar un total de ocho series por sesión de entrenamiento (de ellas cinco con peso pesado y tres con peso ligero).

Variantes. El contraste se puede conseguir no sólo con la alternancia “ligero-pesado”, sino también combinando aplicaciones de fuerza máximas, orientadas hacia la resistencia de fuerza, y explosivas, orientadas hacia la fuerza rápida. Asimismo, la siguiente combinación es especialmente favorable para principiantes y jóvenes: “carga con ejercicio de halteras-ejercicio sin peso añadido”.

Entre los ejercicios sin peso adicional disponemos de saltos de banco concéntricos (p. ej., salto con ambas piernas desde el asiento sobre el banco hasta la postura de pie sobre el banco; salto con una pierna por encima del banco después de apoyar la pierna de salto sobre el banco) (cf. fig. 161).

3. El método de la “carga decreciente”

Comparado con el “entrenamiento en pirámide” (v. pág. 267), el método de la “carga decreciente tiene la ventaja de que las cargas máximas se efectúan en estado de recuperación, mientras que las submáximas –y aquí radica su efecto especial– se efectúan en estado de fatiga del músculo, hasta el agotamiento completo. De esta forma se consigue una mejora pronunciada de la coordinación intra-

muscular y se aplica además un fuerte estímulo de hipertrofia.

El método de la “carga decreciente” se utiliza en dos variantes principales (cf. Cometti, 1988, tomo 2, 51–52).

a) Con carga decreciente y número de repeticiones variable

En este método comenzamos con una serie de una repetición (95 %). Siguen nuevas series que, con peso decreciente, van aumentando el número de repeticiones (v. fig. 162).

b) Con carga decreciente y número de repeticiones constante

Esta variante de la “carga decreciente”, extraordinariamente eficaz, que supone una carga plena para el músculo, se caracteriza por tener un número de repeticiones constante y un descenso progresivo de la carga dentro de la misma serie (v. fig. 163).

Debido al intenso agotamiento muscular que produce, este método no se debería aplicar sin la correspondiente preparación (después de dos o tres ciclos de musculación) y con un margen de tiempo suficiente antes de la competición.

Número de series: entre cuatro y ocho, dependiendo de la capacidad de rendimiento.

Duración de la pausa entre las series: entre 7 y 10 minutos.

1 × 95 %
1 × 90 %
1 × 85 %
1 × 80 %
1 × 75 %
1 × 70 %

Figura 163. Método de la “carga decreciente” con número de repeticiones constante.

Frecuencia de aplicación: una vez por semana.

Incremento de la carga: si el deportista no se agota completamente con una repetición, cada vez se puede aumentar el número de repeticiones (dos en lugar de una) o el peso.

4. El método de la “pirámide dentro de la serie”

Al igual que el precedente, este método se caracteriza por un cambio de carga por variación del número de repeticiones.

Ejemplo. Tres repeticiones al 50 %, dos al 60 %, una al 70 %, dos al 60 %, y tres al 50 % en sucesión inmediata (dentro de una serie). Este método resulta apropiado para aumentar la masa muscular y mejorar la coordinación intramuscular.

5. Los métodos de la “pre y la posfatiga”

a) Método de la prefatiga

La prefatiga se origina mediante un ejercicio específico, que solicita de forma selectiva un músculo determinado. A continuación se añade un ejercicio que entrena el músculo en un contexto de mayor complejidad. De esta forma se puede experimentar con precisión el efecto del ejercicio

más complejo sobre el músculo, lo cual es especialmente interesante en el entrenamiento de principiantes.

Ejemplo. Entrenamiento del *cuádriceps femoral* con ayuda de la máquina específica de este músculo. A continuación se efectúa el ejercicio de la flexión de rodilla (v. fig. 167).

Otra variante de la prefatiga consiste en desgastar los llamados “músculos auxiliares” –coparticipantes en un determinado movimiento– mediante ejercicios que los carguen de forma específica, de forma que no puedan apoyar en su trabajo posterior al músculo que es nuestro verdadero objetivo.

Ejemplo. En el ejercicio de empuje (prensa) en decúbito supino, la ayuda del pectoral mayor es decisiva, al inicio del movimiento de extensión del brazo, para acelerar el peso y permitir el posterior proceso de extensión; de esta forma el tríceps braquial, el músculo que se pretende fortalecer con este ejercicio, recibe una considerable ayuda. Para desactivar esta ayuda en la mayor medida posible se fatiga previamente el músculo pectoral mayor con los ejercicios conocidos como “mariposa” (v. fig. 164). A continuación, el movimiento de extensión de brazos corresponderá en exclusiva al tríceps braquial.

De esta manera se incrementa la carga que recibe este músculo, lo cual permite intensificar el agotamiento y aumentar la fuerza.

b) Método de la posfatiga

Con este método se invierte la sucesión de ejercicios del método precedente: un músculo determinado se entrena primero con un ejercicio más complejo –que incluye la participación de otros músculos– y a continuación se busca su agotamiento completo con la ayuda de un ejercicio que lo carga de forma especial.

Por el agotamiento pleno que produce, el método de la posfatiga sirve especialmente para el entrenamiento de la sección transversa del músculo y para la mejora de la coordinación intramuscular.

c) Método de combinación de la pre y la posfatiga

Este método reúne las variantes descritas en los apartados a y b. Basaremos su descripción en el ejemplo de la “prensa de banca” como ejercicio complejo principal para desarrollar la musculatura del tórax y la fuerza de la extensión del brazo.

En primer lugar se busca la prefatiga selectiva del músculo pectoral mayor, y a continuación se efectúa el ejercicio principal propiamente dicho y finalmente se insiste en la “posfatiga” con la ayuda del ejercicio selectivo (v. fig. 165). Se llega a un agotamiento completo del músculo.

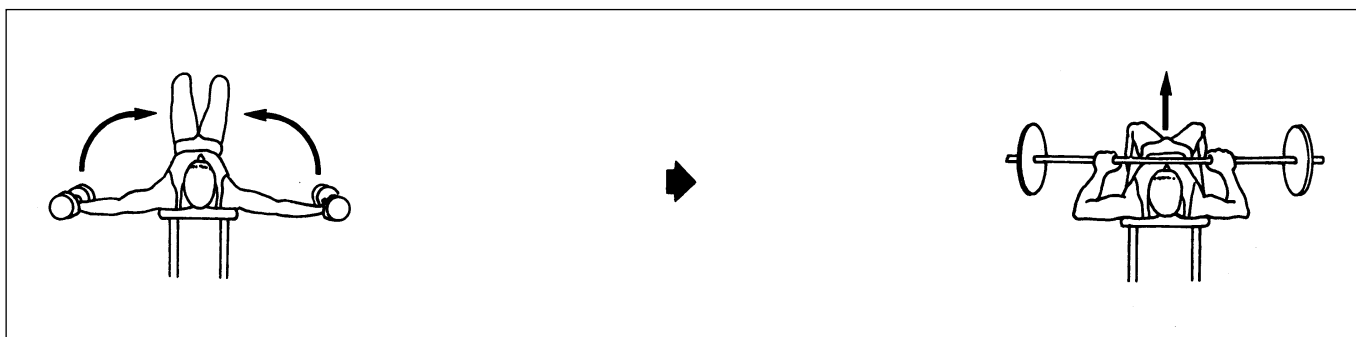


Figura 164. “Mariposas” como ejercicio de prefatiga para el músculo pectoral mayor, coparticipante en la fase inicial de la prensa de banca.

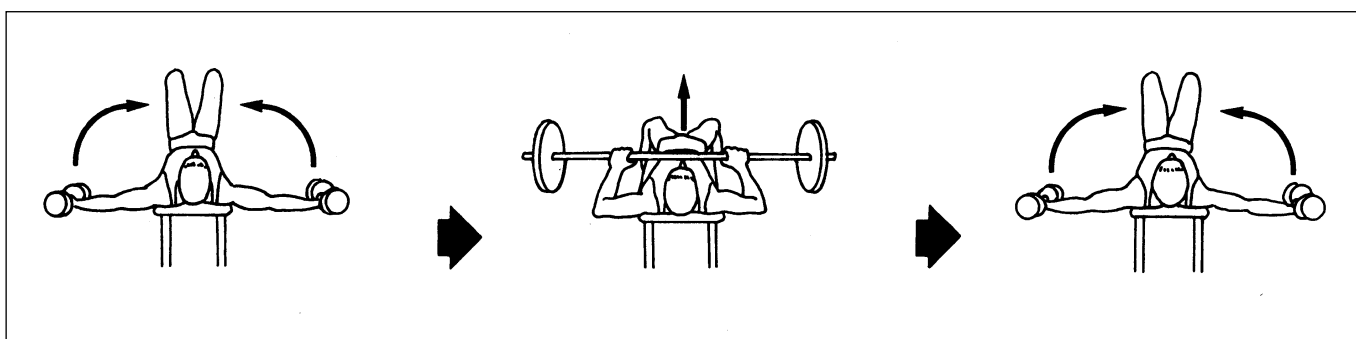


Figura 165. Los métodos de la pre y la postfatiga (modificado de Cometti, 1988, tomo 2, 12).

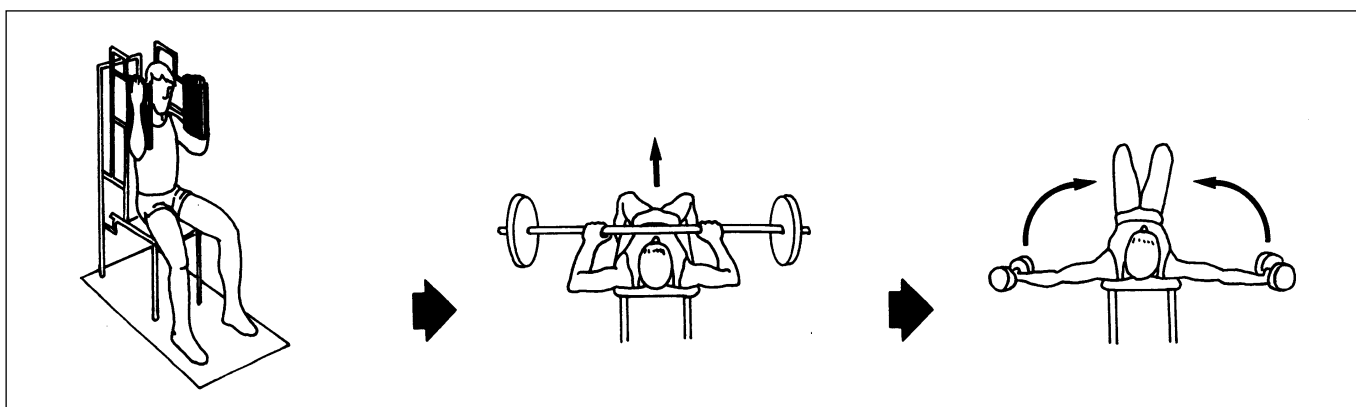


Figura 166. Pre y postfatiga del pectoral mayor con ayuda de dos ejercicios diferentes que enmarcan el ejercicio principal (prensa de banca; de Cometti, 1988, tomo 2, 13).

Los estados de pre y postfatiga se pueden conseguir con ejercicios diferentes.

En lugar de dos se pueden utilizar tres ejercicios diferentes, como, por ejemplo, máquina del pectoral mayor, prensa de banca y “mariposas” (v. fig. 166).

Otra posibilidad de variación consiste en efectuar los ejercicios escalonados “hacia abajo” o “hacia arriba” en

función del grado de dificultad. Para la prensa de banca se aconseja el siguiente orden en la variante “hacia abajo”: prensa de banca, máquina de pectorales y “mariposas” con un máximo de ocho repeticiones cada vez.

Al entrenar la extensión de la pierna (cuádriceps femoral) el orden equivalente sería: flexión de rodilla, prensa de piernas y máquina de cuádriceps (v. fig. 167).

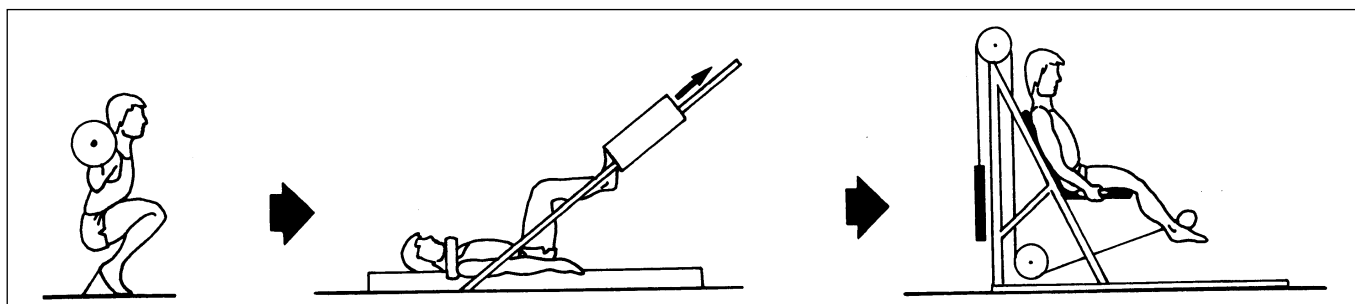
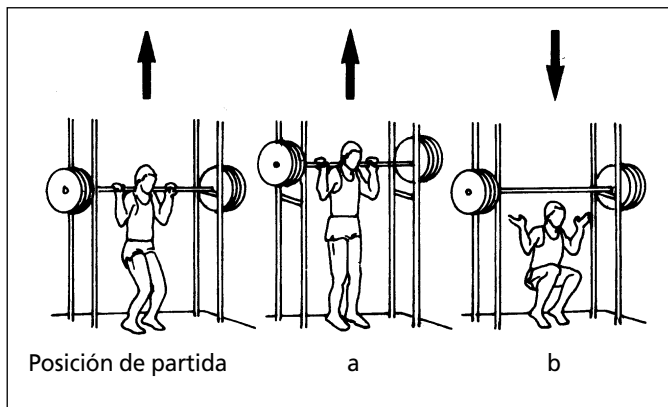


Figura 167. Los métodos de pre y posfatiga con variante decreciente (modificado de Cometti, 1988, tomo 2, 13).



6. El método concéntrico en su "forma pura"

El método concéntrico puro (v. fig. 168) entrena en el deportista la capacidad de inervación voluntaria máxima, y resulta especialmente apropiado para la preparación de la competición (cf. Cometti, 1988, tomo 1, 210).

Figura 168. Entrenamiento concéntrico según el método de intensidades elevadas y máximas. Se lleva hacia arriba la haltera de forma explosiva (a). A continuación el deportista deja caer la haltera en la posición de partida (dispositivo de bloqueo en las barras de conducción), evitando así la parte excéntrica del ejercicio (b) (modificado de Cometti, 1988b, 55).

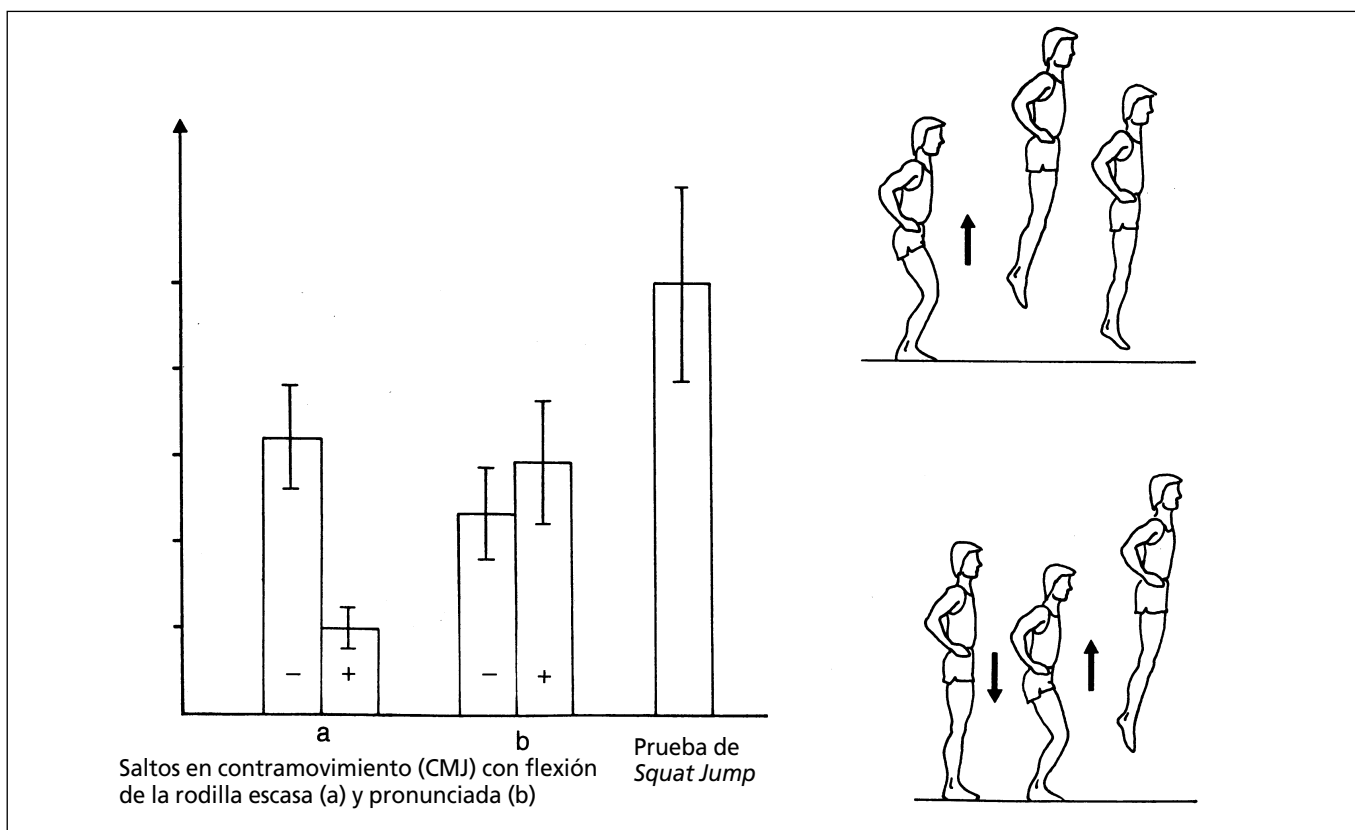
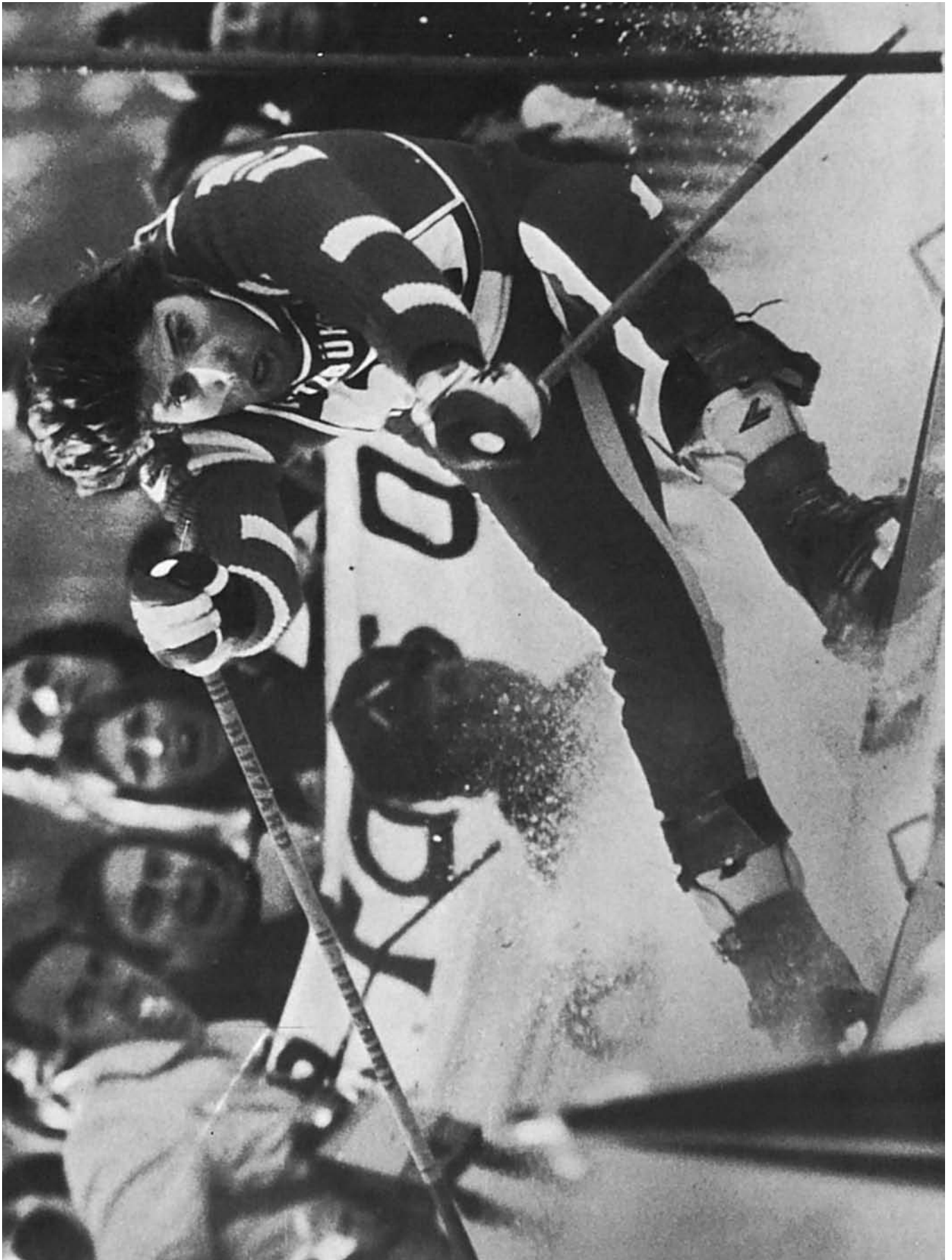


Figura 169. La actividad eléctrica del cuádriceps femoral durante las fases positiva (de ganancia de altura) (+) y negativa (de pérdida de altura) (-) de la realización del "salto en contramovimiento" CMJ (salto de extensión con movimiento contrario introductorio, con flexión de la rodilla escasa o pronunciada) y de la realización de la prueba de *squat jump* (salto de extensión partiendo de una flexión de rodilla de 90° sin movimiento preparatorio ni oscilación previa: contracción concéntrica pura) (modificado de Bosco, 1985).





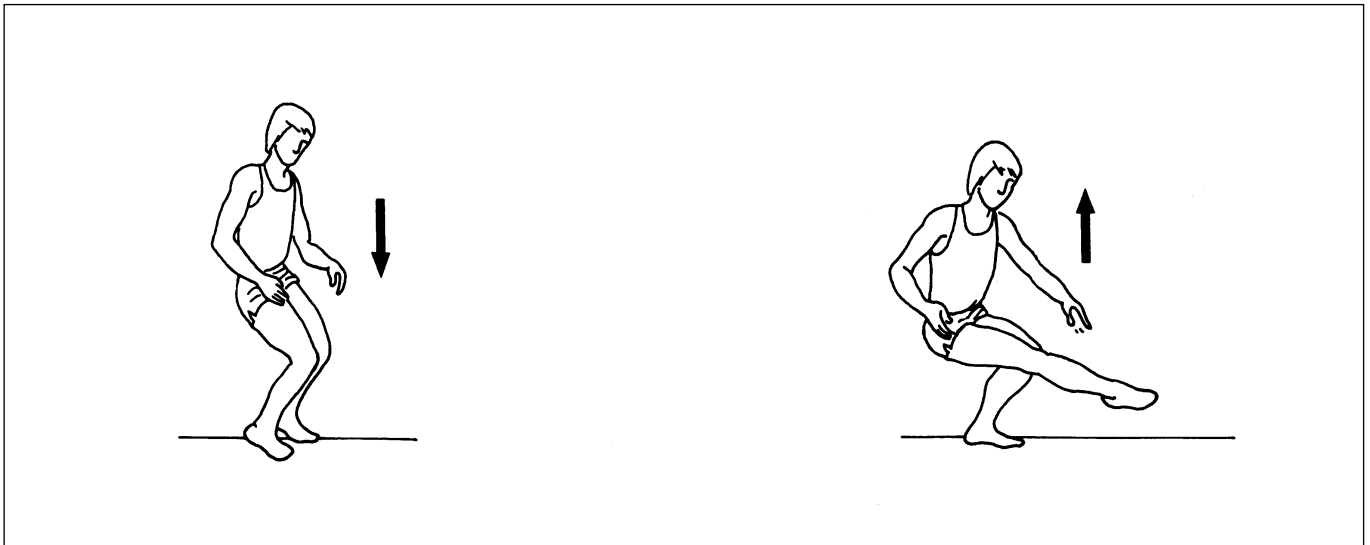


Figura 170. Ejercicio de flexión de rodilla con enfoque concéntrico.

Como se puede ver en la figura 169, una contracción concéntrica pura requiere, para rendimientos comparables, una actividad eléctrica mayor que las formas mixtas excéntricas-concéntricas.

En la figura 169 se observa asimismo que, en un CMJ con ángulo grande de flexión de la rodilla, la actividad del EMG es mayor que con un ángulo menor, lo cual es indicio de la mayor eficacia de este ejercicio.

Como ejercicios “naturales” con predominio concéntrico podemos mencionar las carreras cuesta arriba (o escaleras arriba) con movimientos de salto. También se engloba en esta categoría el ejercicio de “flexión de rodilla en ambas piernas seguido de extensión (lenta o explosiva) de una sola pierna (v. fig. 170). Como modalidades típicamente concéntricas podemos señalar también el ciclismo y el remo.

Utilidad del método concéntrico en los diferentes niveles de rendimiento

Para el principiante el método concéntrico resulta apropiado sobre todo en la forma “pura”, como manera de desarrollar la fuerza rápida y como método de prefatiga. En deportistas avanzados y de alto rendimiento, se puede utilizar de forma general en cualquiera de sus variantes

Entrenamiento dinámico negativo (entrenamiento excéntrico)

En el entrenamiento excéntrico el interés se centra en amortiguar el peso corporal propio o cargas supramáximas (hasta el 120 % aprox. de la fuerza máxima individual).

Importante. Para preparar un entrenamiento excéntrico con pesos pesados, el deportista debería ejercitar primero el frenado con el peso corporal propio mediante ejercicios dinámicos negativos. Sólo entonces debería trabajar con pesos suplementarios en ascenso progresivo. El aumento de la carga así practicado sirve para prevenir las lesiones.

La amortiguación del peso corporal propio en saltos en profundidad desde alturas distintas, adecuadas a la capacidad de rendimiento actual (la selección cubana de voleibol nos informa de alturas de 2 m y superiores), sirve sobre todo para mejorar la coordinación intramuscular y para entrenar los “componentes elásticos” de los músculos.

Con el “método excéntrico clásico” –que consiste en un frenado consciente y lento frente a cargas fuertes y supramáximas– se ejerce sobre todo un fuerte estímulo de hipertrofia, dada la duración relativamente larga del efecto del estímulo de fuerza.

La figura 171 muestra que con cargas excéntricas las actividades musculares se pueden duplicar y triplicar en comparación con una contracción voluntaria isométrica máxima.

Para la práctica del entrenamiento esto significa que una activación muscular plena sólo se puede conseguir mediante ejercicios de fuerza excéntricos, y no concéntricos. Varios estudios (cf. Komi/Buskirk, 1972; Atha, 1981; Clarke, 1973; Fleck/Schutt, 1985) confirman la validez de esta afirmación, pues muestran el significativo aumento de todos los parámetros de la fuerza máxima provocado por un breve entrenamiento excéntrico, en una

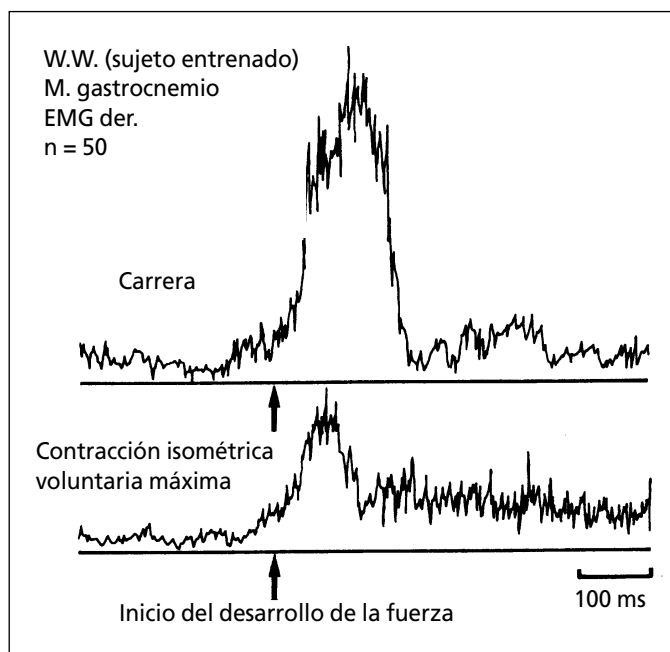


Figura 171. Actividad EMG del músculo gastrocnemio con trabajo excéntrico (fase de amortiguación al correr) y con trabajo isométrico máximo (de Dietz, 1985, 31).

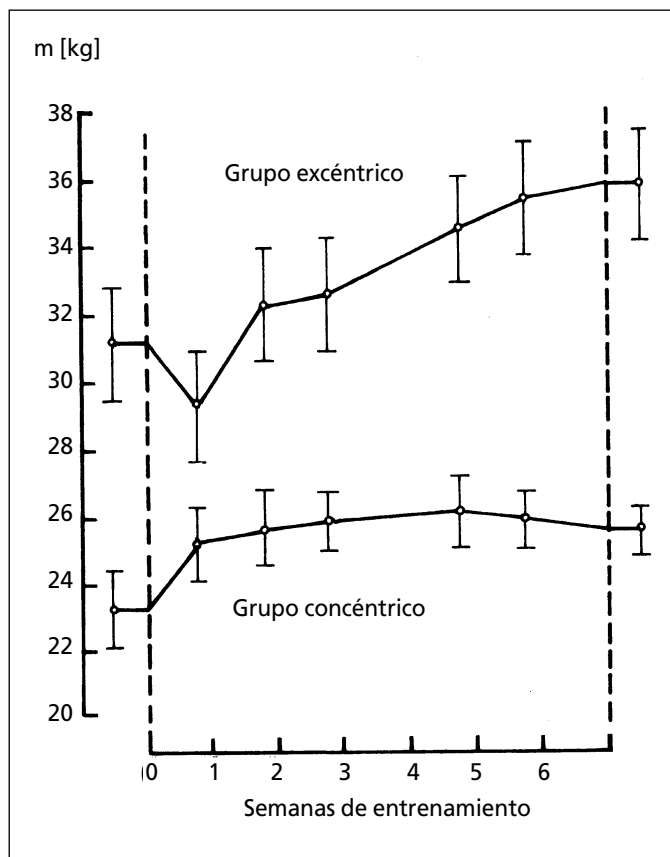


Figura 172. Aumento de la fuerza en la comparación de entrenamiento excéntrico y concéntrico (seis contracciones, cuatro veces a la semana durante siete semanas) (modificado de Komi/Buskirk, 1972).

medida mucho más pronunciada en comparación con el entrenamiento concéntrico (fig. 172).

La figura 173 nos ofrece una visión de conjunto de diversas posibilidades de trabajo excéntrico sobre el ejemplo del entrenamiento de la fuerza de las piernas. Observamos que se puede efectuar ejercicios excéntricos en solitario (fig. 173a), con aparato auxiliar (b), con compañero (f), con la ayuda del terreno (c, d) o con máquinas de fuerza especiales (prensa de piernas, aparatos hidráulicos con variación de la resistencia regulada por presión de aire).

Atención. El entrenamiento excéntrico no se debería realizar en ningún caso por sí mismo, sino siempre en combinación con métodos concéntricos, aunque también son posibles otras combinaciones.

Al igual que el método concéntrico, el excéntrico incluye una extensa lista de variantes, con el correspondiente abanico de efectos diferentes dependiendo de la modalidad de ejecución.

De las combinaciones de métodos y de contrastes de métodos mencionaremos y explicaremos, para evitar repeticiones, sólo las más importantes, pues las hemos descrito con todo detalle para los métodos concéntricos.

1. Combinación excéntrico-concéntrico

Método "120-80"

Este método, muy eficaz para mejorar la fuerza máxima, consiste en bajar lentamente un peso supramáximo (20 %, 30 % como máximo por encima del máximo individual). Una vez que el compañero retira algunos discos de la haltera (reducción del peso a un 80 % del rendimiento máximo individual), se produce un levantamiento concéntrico de la haltera, y así sucesivamente. Este método se puede efectuar también con las máquinas hidráulicas específicas (cf. Cometti, 1988, tomo 2, 122; Egger, 1992, 39).

Debido al desgaste psicofísico, extraordinariamente intenso, sólo se debería efectuar unas cinco repeticiones por serie. Número de series: tres o cuatro.

Dado que el aumento de la fuerza es inmediato, este método resulta especialmente apropiado como preparación ante una competición.

Atención. Este método sólo se puede plantear para deportistas de alto rendimiento, acostumbrados a cargas excéntricas y con una preparación específica.

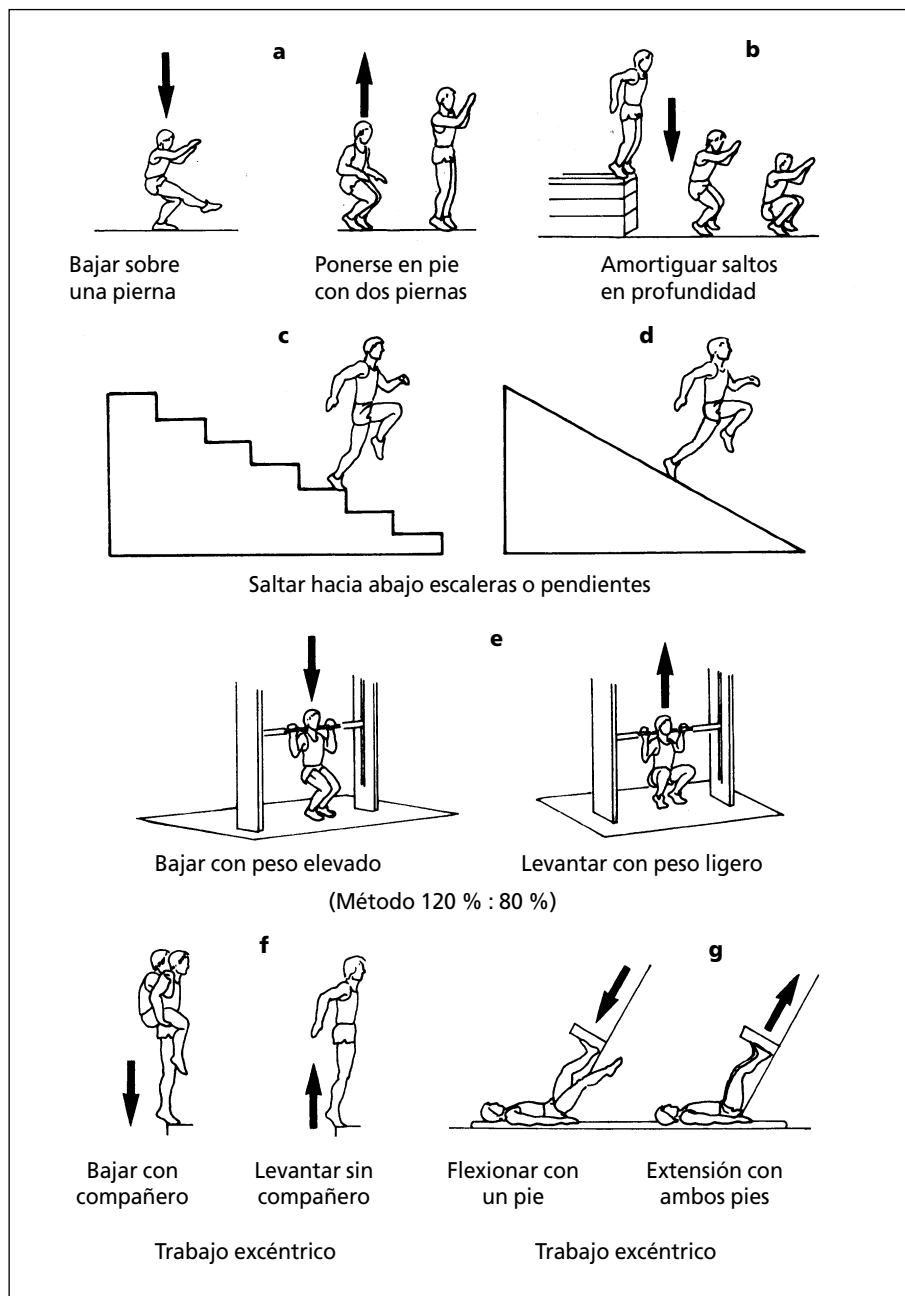


Figura 173. Formas de entrenamiento excéntrico para la mejora de los extensores de la rodilla (cuádriceps femoral) (ejercicios a, b, c, d, e) y de los extensores del pie (sobre todo del tríceps sural) (ejercicios d, f, g) (modificado de Cometti, 1988b, 104/105 y 108/109).

2. Excéntrico-isométrico

Método estático-excéntrico

Con este método el deportista baja de forma excéntrica un peso, introduciendo durante la secuencia motora una o varias pausas por detención isométrica (de entre 3 y 6 segundos de duración).

Una serie incluye seis repeticiones, con una carga de peso de entre el 50 % y el 70 % del máximo individual. Número de series: seis.

Se recomienda alternar este ejercicio con repeticiones de fuerza explosivas (igualmente seis series de seis repeti-

ciones, si bien con una carga de sólo el 40 % y ejecución explosiva).

Método de la "isometría total" combinado con aplicación de fuerza excéntrica

Aquí se mantiene un peso (80 % del máximo individual aproximadamente) en una posición de partida importante para el rendimiento hasta que aparezca la fatiga –por ejemplo, flexión de rodilla de 90° como en la posición de "listos" en la salida– y a continuación se baja lentamente.

Acercas de la periodización y planificación de los métodos excéntricos, véase pág. 365.

Valoración global del entrenamiento (excéntrico) dinámico negativo

Ventajas del entrenamiento de la fuerza dinámico negativo

El entrenamiento *excéntrico* permite máximos de contracción muscular bastante superiores a los valores máximos positivos dinámicos y estáticos:

El máximo de fuerza *excéntrico* se sitúa un 30-40 % por encima del *isométrico* y el *isométrico*, a su vez, un 10-15 % por encima del *dinámico-concéntrico* (cf. Bührle/Schmidtbleicher, 1981, 14 y 258). Por este motivo el entrenamiento excéntrico favorece claramente el crecimiento muscular, incluso en deportistas muy entrenados.

- El estímulo de fuerza, al actuar largo tiempo sobre la musculatura, origina una hipertrofia muscular pronunciada.
- Los elevados máximos de fuerza –sobre todo en los saltos en profundidad– dan lugar a un reclutamiento selectivo de las fibras IIB y a un aumento de la sección transversal de tendones y ligamentos. Crece por tanto su capacidad para almacenar energía mecánica (cf. también Stone, 1988, 164).
- Dado que el trabajo muscular de frenado requiere menos energía que el de superación –con igual rendimiento el consumo de oxígeno es sustancialmente menor (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 177)–, el trabajo muscular excéntrico –debidamente dosificado como, por ejemplo, al caminar cuesta abajo– se puede utilizar ventajosamente en la rehabilitación.

Inconvenientes del entrenamiento de la fuerza dinámico negativo

- Dependencia de materiales auxiliares.
- Considerable riesgo de lesiones si la práctica es incontrolada.
- Provoca agujetas en alto grado. Las microlesiones que aparecen con este método (v. fig. 212) pueden en determinadas circunstancias preparar el camino a lesiones sucesivas.
- Ámbito de aplicación temporalmente reducido: dado que un entrenamiento con resistencias máximas incide negativamente sobre la velocidad de contracción, sólo se puede utilizar en su forma pura en la pretemporada.

Formas mixtas dinámicas positivas y negativas

– Entrenamiento de la fuerza isocinético

Como su nombre indica, el rasgo característico del entrenamiento de la fuerza isocinético es la regularidad de la secuencia motora.

Los aparatos de entrenamiento isocinético garantizan una resistencia y una velocidad constantes en cada fase del

movimiento (v. fig. 159), con independencia del momento de giro en cada instante y de la longitud de palanca del brazo cargado.

En el entrenamiento isocinético se realiza un trabajo dinámico tanto positivo como negativo.

Modalidades de realización en el entrenamiento isocinético

(cf. Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 113)

- Intensidad: dependiendo de los objetivos 100 %, 70 % y 50 %.
- Repeticiones: 5 veces , 50 veces , 100 veces.
- Series: 5-6.
- Frecuencia de entrenamiento: dos veces a la semana, y más a menudo dependiendo de la modalidad.

Ventajas del entrenamiento isocinético

- En contraposición con el dinámico positivo, en el entrenamiento de la fuerza isocinético se trabaja durante todo el transcurso del movimiento y aplicando toda la fuerza.
- La carga adaptada a las diferentes condiciones de palanca fortalece la musculatura por igual en todos los grados articulares del movimiento.
- Dado que el recorrido regular de la fuerza impide la aparición de picos de carga, podemos abreviar el tiempo de calentamiento y así evitar los síntomas de las agujetas.
- El entrenamiento isocinético permite fortalecer de forma específica grupos musculares débiles; esta circunstancia es especialmente favorable en el trabajo de rehabilitación (p. ej., después de una fractura de pierna).
- El recorrido regular de la fuerza en el entrenamiento isocinético se corresponde con la estructura de movimientos en modalidades como natación, remo o piragüismo-kayak, razón por la cual “viene como anillo al dedo” para estas modalidades “isocinéticas”.

Inconvenientes del entrenamiento isocinético

- El entrenamiento isocinético resulta menos apropiado en las modalidades que se caracterizan por una aceleración del movimiento con variabilidad en el recorrido de la fuerza, como las disciplinas atléticas de carrera, salto y lanzamiento (cf. Krüger, 1972, 55). Aquí la dinámica motora específica de la modalidad se pierde a favor de un mayor crecimiento muscular. En dichas modalidades el entrenamiento isocinético puede utilizarse sólo para desarrollar la fuerza general y la resistencia de la fuerza (p. ej., en la etapa de pretemporada o en el entrenamiento de principiantes), pero no para mejorar la fuerza rápida ni la fuerza específica de la competición. La activación nerviosa, representada en forma de un electromiograma integrado (EMGi), muestra en movi-

mientos balísticos considerables diferencias temporales y cuantitativas frente a los valores obtenidos en movimientos isocinéticos: los movimientos balísticos se caracterizan por una actividad mioeléctrica muy intensa en su inicio –mayor que en movimientos isocinéticos– y presentan a continuación una notable caída (cf. Bosco, 1992, 22).

- Los movimientos balísticos son los que más a menudo aparecen en el deporte. Los métodos de entrenamiento isocinéticos no trabajan una serie de exigencias y cualidades biomecánicas necesarias como, p. ej., la preinervación, el estiramiento previo o el ciclo estiramiento-acortamiento (cf. Bosco 1992, 22).

– *Entrenamiento desmodrómico** (cf. Weineck 1986, 209)

El entrenamiento de la fuerza desmodrómico, desarrollado por Schnell (cf. Spitz/Schnell, 1983), está próximo al entrenamiento isocinético e incluye también una alternancia constante entre trabajo de fuerza dinámico positivo y negativo. La diferencia básica radica en dos puntos:

1. La velocidad de movimiento viene dada por el aparato o la máquina (desmodrómico: regulado con motor o en marcha forzada) y puede modificarse de acuerdo con las necesidades específicas de la modalidad.
2. La presión ejercida de forma continua contra el travesaño de resistencia (fig. 174) impide en todo momento la relajación de la musculatura sometida a carga, tal como ocurre en el entrenamiento tradicional en los puntos de inversión (final de la extensión o de la flexión). De esta forma se impide que el músculo renueve su potencial energético (resíntesis de ATP a partir de fosfocreatina): se produce una eliminación completa de las reservas musculares de ATP y por tanto un agotamiento total de las fibras musculares que participan en el movimiento. El intenso metabolismo del ATP, asociado a una elevada carga de contracción para cada fibra muscular –se agota la “última” fibra muscular en su potencial de rendimiento–, es la causa del marcado crecimiento de la musculatura (hipertrofia) que se consigue en el entrenamiento desmodrómico.

Ventajas del entrenamiento desmodrómico

- Dado que este tipo de entrenamiento de la fuerza se puede adaptar sin solución de continuidad a todas las exigencias específicas de las manifestaciones deportivas de la fuerza, tanto en relación con la velocidad como con la fuerza aplicada, resulta especialmente apropiado para desarrollar magnitudes de fuerza dinámicas (y también estáticas) específicas (fig. 175).
- En el entrenamiento desmodrómico se puede aplicar estímulos de carga eficaces también en el ámbito de la ve-

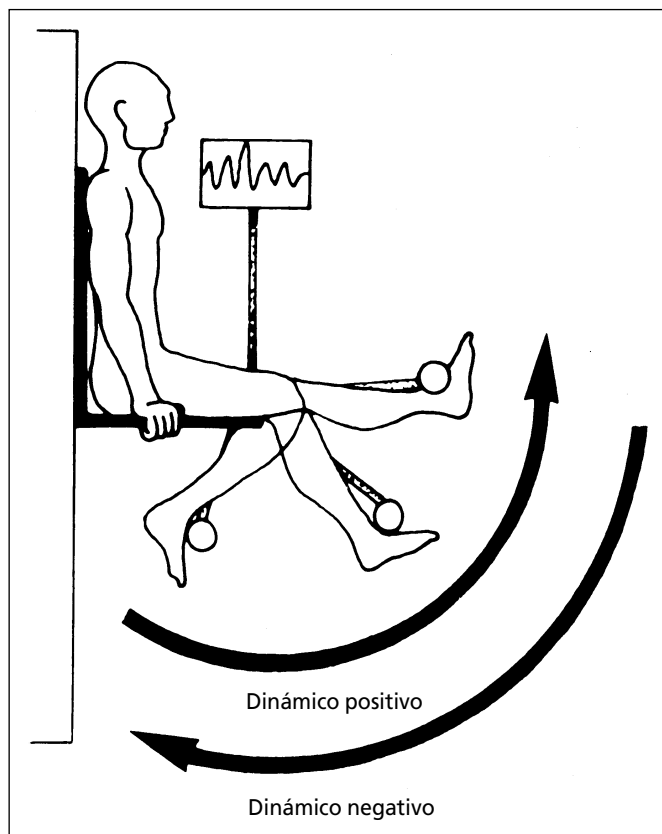


Figura 174. El principio del entrenamiento desmodrómico: se ejerce una presión constante contra un travesaño de resistencia que se desliza de un lado a otro con velocidad constante. De esta forma se produce un agotamiento energético completo de los grupos musculares sometidos a carga y, por tanto, un estímulo de tensión máximo de cada fibra muscular (→ hipertrofia muscular acentuada).

locidad de movimiento alta, lo cual incide favorablemente en los rendimientos de velocidad y de fuerza rápida.

- Es especialmente apropiado para la rehabilitación, en el marco de una remusculación después de lesiones ligamentarias, tendinosas, musculares u óseas: con ayuda de la representación gráfica de la fuerza desarrollada se puede organizar un entrenamiento muy controlado, estrictamente progresivo, de las estructuras sometidas a carga, y por tanto evitar daños por sobrecarga.
- Permite notables aumentos de la fuerza incluso a atletas muy entrenados.
- En comparación con los demás métodos de entrenamiento de la fuerza, provoca una hipertrofia muscular acentuada de forma muy rápida.

Inconvenientes del entrenamiento desmodrómico

- Dependencia de aparatos de entrenamiento costosos.
- El aparato de entrenamiento desmodrómico sólo resulta apropiado para trabajar movimientos de una única articulación (p. ej., flexión/extensión de rodilla).

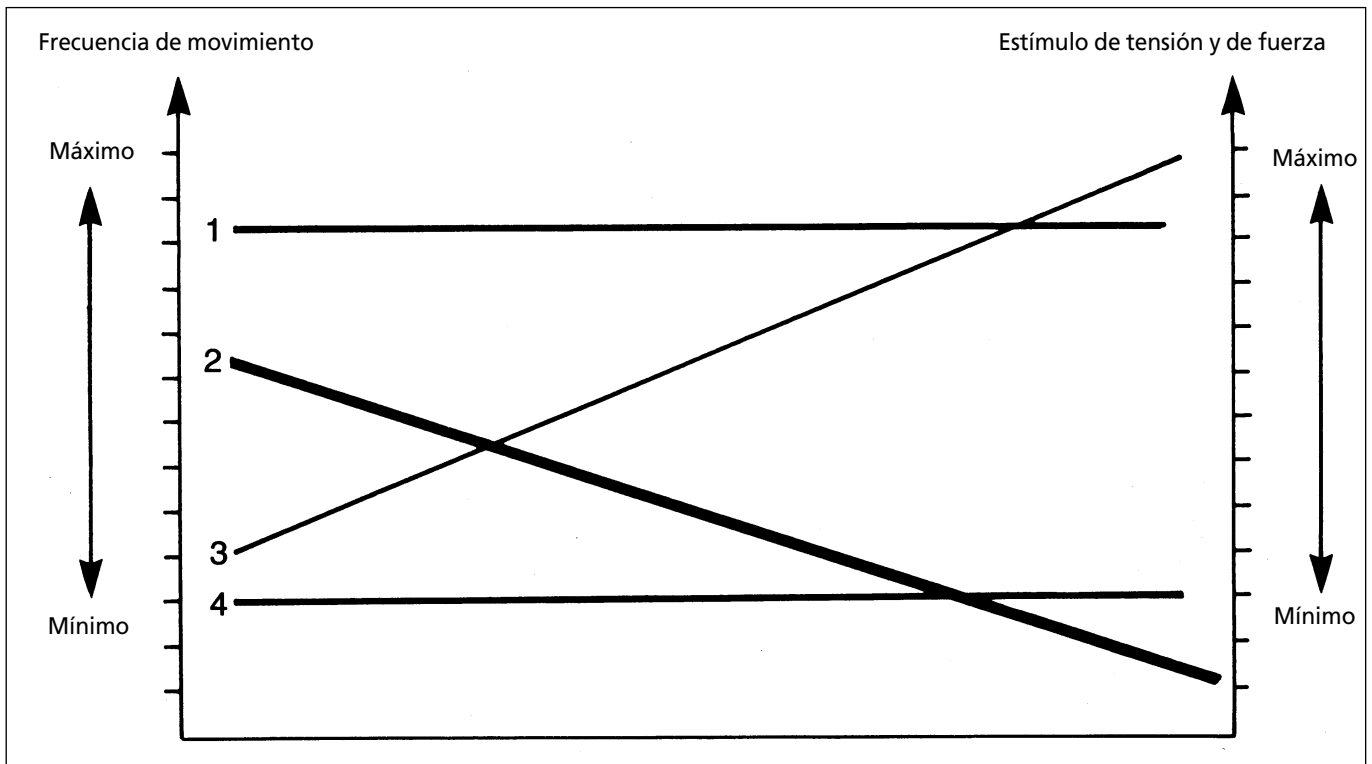


Figura 175. La variabilidad sin límites del entrenamiento de la fuerza desmodrómico en relación con la velocidad del movimiento y la fuerza aplicada: línea 1 = frecuencia de movimiento elevada y fuerza intensa; línea 2 = frecuencia de movimiento media y fuerza baja; línea 3 = frecuencia de movimiento baja y fuerza intensa, y línea 4 = frecuencia de movimiento baja y fuerza baja.

- La amplitud del movimiento no se puede variar (circunstancia importante para la rehabilitación, por ejemplo, en caso de lesión de ligamento cruzado, que sólo permite una amplitud limitada del movimiento).
- La velocidad de los movimientos explosivos (acíclicos) y de velocidad máxima (cíclicos) que se dan en las disciplinas atléticas de lanzamiento o de esprint no se puede reproducir en la medida suficiente. Por ejemplo, la velocidad angular máxima en los aparatos que se encuentra en el mercado no suele superar los 6 rad/seg. En la prueba de los extensores de la pierna se han registrado velocidades angulares mucho más bajas que los valores máximos producidos por un deportista durante la ejecución de movimientos balísticos, de fuerza rápida (cf. Bosco y cols., 1982, 557; Bosco, 1983, 23; Bosco, 1992, 21). Con este entrenamiento tampoco se puede fortalecer específicamente las fibras IIb, de probada eficacia en estos movimientos, con un modelo de inervación adecuado. Por ello este método de entrenamiento resulta apropiado sobre todo para la musculación (en particular durante la pretemporada) o para modalidades centradas en la resistencia de la fuerza, pero no para modalidades de fuerza

rápida durante la preparación de la competición inmediata.

– *Entrenamiento pliométrico*

El entrenamiento pliométrico se conoce también bajo las denominaciones de “entrenamiento de la elasticidad” (Zanon, 1975, 352 s.), “entrenamiento reactivo” (Schröder, 1975, 929), “entrenamiento excéntrico” (Schmidtbleicher y cols., 1978, 488) y, dentro de su subcategoría, de “entrenamiento de salto en profundidad” o “método de choque” (Tschiene, 1976, 14).

En este método de entrenamiento se produce un acoplamiento complejo del efecto del trabajo dinámico negativo con el efecto del trabajo dinámico positivo. En el nivel de la fisiología muscular (v. pág. 256) se aprovechan, pues, momentos de la preinervación, del reflejo de estiramiento (“ciclo estiramiento-acortamiento”) y de los componentes elásticos del músculo.

La *preinervación* parece ser un componente de un programa motor fijo, desencadenado por centros supraspinales, cuya importancia funcional radica, por una parte, en la sensibilización óptima de los husos musculares y, por

otra, en el cambio de la elasticidad de los músculos afectados en el sentido de una mayor rigidez (*stiffness*). Al mismo tiempo, la activación previa crea una base de inervación que, seguida de una “conexión del reflejo”, produce un desarrollo de la fuerza más intenso y rápido (cf. Schmidtleicher/Gollhofer, 1982, 303; Duchateau, 1993, 36).

El llamado “ciclo estiramiento-acortamiento” (cf. Bosco, 1982; Schmidtleicher/Gollhofer, 1982, 303; Komi, 1986, 15; Cometti, 1988, 14; Duchateau, 1993, 37), facilita, mediante una “conexión del reflejo” (cf. Schmidtleicher/Gollhofer, 1982, 303), un desarrollo de la fuerza más intenso y rápido.

A continuación mostramos brevemente los rasgos característicos del *entrenamiento pliométrico* sobre el ejemplo del *entrenamiento de salto en profundidad*.

El salto en profundidad estira los músculos que posteriormente desempeñarán el papel de agonistas. El reflejo de estiramiento provocado a través de los husos musculares produce una mayor inervación de fibras que de otro modo no se activarían, y por tanto un desarrollo de la fuerza más intenso y rápido en la contracción siguiente.

En este contexto, la preinervación del músculo inmediatamente antes del salto hacia arriba desempeña un papel importante: por una parte, crea una base de inervación óptima para la actividad muscular próxima, y por otra, modifica el estado de tensión y por ello también el estado de elasticidad del músculo, responsable –después del salto en profundidad– de la magnitud y de la velocidad del estiramiento previo del músculo (cf. Schmidtleicher y cols., 1978, 488; Carpentier/Duchateau, 1990, 22; Duchateau, 1993, 35).

Finalmente, el componente elástico del músculo (nos referimos al modelo de la conexión sucesiva de elementos elásticos y contráctiles [v. pág. 222]) se aprovecha también como reserva energética (con la mejora del módulo de elasticidad provocada por el entrenamiento, que permite una mayor acumulación de energía; v. Goldberg y cols., 1975, 195). El estiramiento de los componentes elásticos produce una acumulación de energía cinética, que se añade a la energía liberada por la contracción muscular (cf. Duchateau, 1993, 57).

Como se puede ver en la figura 176, los saltos en profundidad producen diferentes niveles de actividad muscular dependiendo de la altura de caída: cuanto mayor es ésta, mayor es la desviación del EMG.

El nivel de la preinervación depende también de la altura del salto, alcanzando en saltos de 1,10 m de altura el 89,5 % de la contracción voluntaria máxima (CVM), el 57,3 % con saltos de 0,5 m y el 36,9 % de la CVM con saltos desde el suelo (cf. Schmidtleicher/Gollhofer, 1982, 302; v. fig. 176).

En deportistas no entrenados, los picos de actividad provocados por el reflejo aparecen en menor medida que en atletas entrenados; estos últimos presentan las actividades reflejas integradas en la inervación básica para el comportamiento motor concéntrico (en nuestro caso para el salto siguiente; cf. fig. 177).

Importante. Desde el punto de vista anatómico –y esto afecta la especificidad del entrenamiento de los músculos participantes en el salto en profundidad– interesa señalar que el proceso de entrenamiento afecta a grupos musculares diferentes dependiendo del aterrizaje y la altura del salto.

Con un aterrizaje efectuado desde poca altura y preferentemente sobre los metacarpios –tal como ocurre, por ejemplo, en todos los saltos con ambas piernas (v. fig. 178)– el músculo que participa en mayor medida en la amortiguación de la energía es el gastrocnemio. La escasa altura de salto y, en consecuencia, el escaso ángulo de flexión de la rodilla impiden en esta situación una actividad intensa del recto femoral, por lo cual se ejerce sobre este músculo un efecto de entrenamiento reducido.

Por el contrario, en un aterrizaje desde alturas mayores (que en deportistas entrenados pueden superar el metro), y con un ángulo de flexión de la rodilla más pronunciado, trabaja más el músculo recto femoral y menos el gastrocnemio, circunstancia importante para jugadores de baloncesto y de voleibol, que operan sobre todo con “apoyo sobre el talón”. No obstante, hemos de prestar atención también a los saltos en rebote, ya que pueden exigir un trabajo específico en determinadas situaciones de juego (saltos rápidos ininterrumpidos en acciones de rebote o de bloqueo).

Indicaciones generales para la realización del entrenamiento pliométrico (cf. Bisanz, 1983, 32; Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 101):

- Ejecución explosiva del movimiento.
- 6–10 repeticiones.
- 2–3 series para los principiantes, 3–5 para deportistas avanzados y 6–10 para los de alto rendimiento.
- Pausas entre las series: 2 minutos.
- Sólo debe practicarse estando frescos y habiendo calentado bien.

El aspecto central del entrenamiento pliométrico son los saltos, series y combinaciones de saltos de todo tipo. Hablamos de pliometría “baja”, “sencilla” o “natural” cuan-

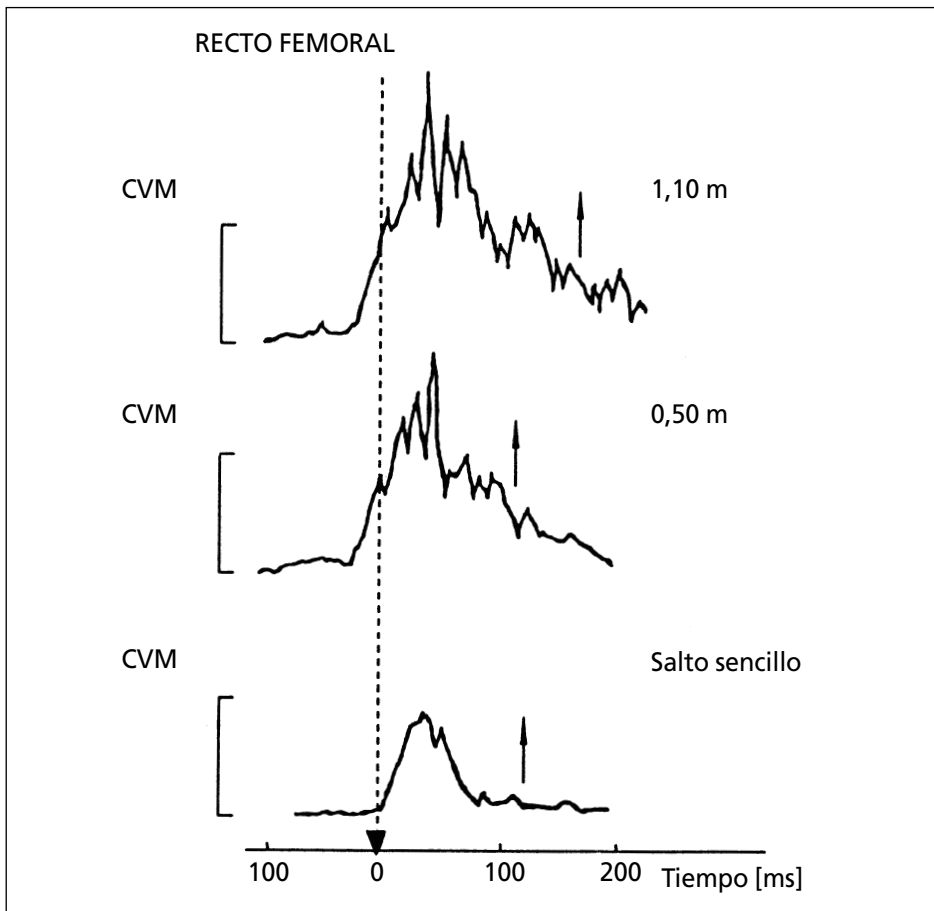


Figura 176. EMG (registrado) del músculo recto femoral (una porción del cuádriceps femoral) en saltos en profundidad desde diferente altura (1,10 m y 0,5 m) y con salto sencillo a nivel del suelo, en comparación con la contracción isométrica voluntaria máxima (CVM). Las flechas señalan los momentos del impacto y del despegue (de Schmidtbleicher/Gollhofer, 1982, 301).

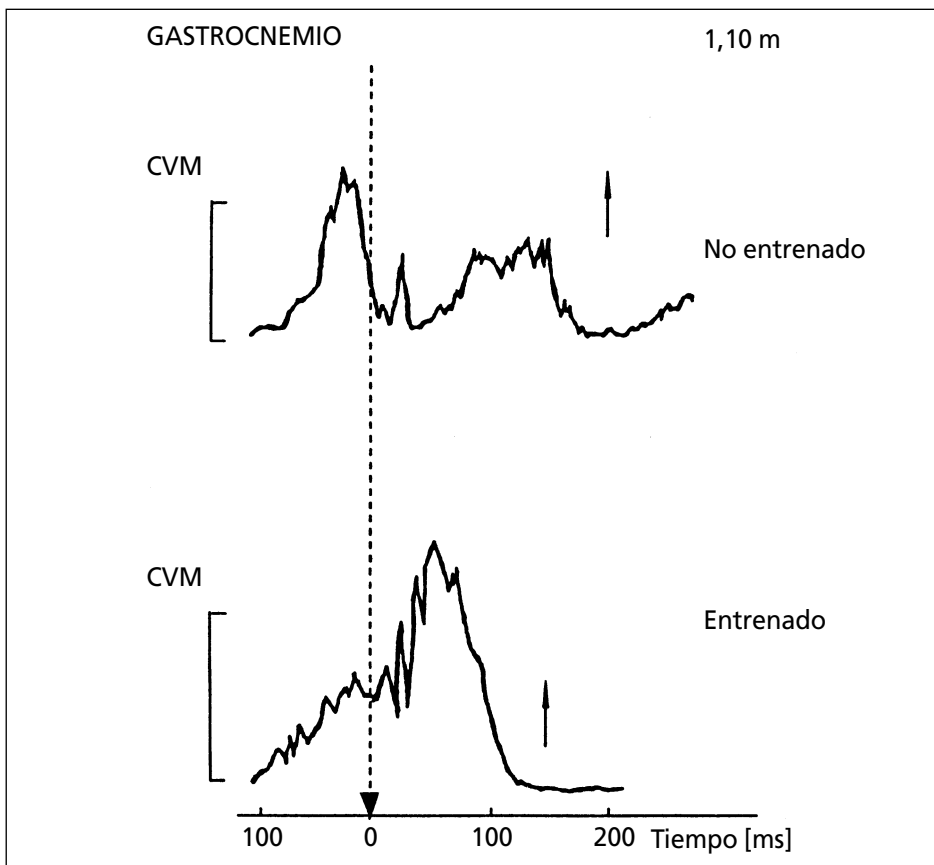


Figura 177. EMG (registrado) del músculo gastrocnemio en un sujeto no entrenado y en otro entrenado. Las flechas señalan el primer contacto con el suelo y el último (CVM = fuerza isométrica [contracción] voluntaria máxima) (modificado de Schmidtbleicher/Gollhofer, 1982, 302).

do utilizamos sólo saltos sin pesos ni aparatos suplementarios (plintos, vallas, etc.), o cuando sólo tenemos que saltar obstáculos de escasa altura. Con saltos sobre plintos y obstáculos hablamos de pliometría “media”, y con saltos sobre o desde aparatos elevados (p. ej., plintos), de pliometría “mayor” o “intensiva”. Como contenidos apropiados se consideran saltos con una pierna y con ambas simultáneamente, saltos de altura con aterrizaje sobre los pies, saltos de longitud, saltos hacia delante, hacia los lados y hacia atrás, saltos sobre obstáculos, etc. (cf. también Bisanz, 1983, 31; Cometti, 1988b, 136). La figura 178 nos ofrece una visión global de diferentes formas de entrenamiento pliométrico sencillo para mejorar la fuerza de salto.

Para conseguir este objetivo en niños y principiantes (v. también pág. 346) resultan especialmente apropiados los saltos sobre neumáticos; en jóvenes y deportistas más avanzados, los saltos sobre plinto (un cajón) y banco sueco (saltos transversales), y en deportistas de nivel alto o máximo, además de los anteriores ejercicios, los saltos de vallas y plintos altos. Dado que en todos los saltos se entrena, además de los extensores de la rodilla, la musculatura de la pantorrilla, trabajando con niños habrá que renunciar a un entrenamiento selectivo de los músculos extensores del pie

(v. fig. 178 b), debido al intenso efecto de compresión originado (principalmente sobre la columna vertebral).

Los ejercicios pliométricos pueden efectuarse con diferentes ángulos de flexión de la rodilla -30° , 90° , 150° y similares-, incrementando así su eficacia, pues cada ángulo hace trabajar zonas diferentes del músculo. La figura 179 muestra que dependiendo del ángulo de flexión obtenemos ámbitos de superposición diferentes de los elementos contráctiles (filamentos de actina y miosina), y con ello un estímulo diferente para optimizar las uniones de puente. Esta circunstancia se debería aprovechar en el entrenamiento. No obstante, se debería dar prioridad a los ángulos de flexión de rodilla dominantes en el esprint y en el salto.

Los saltos con ángulos de flexión grandes producen en deportistas no acostumbrados a ejercicios de este tipo unas agujetas intensas (v. pág. 302); estos deportistas no los deberían practicar inmediatamente antes de las competiciones.

El “método de contraste” contribuye en gran medida, también en el trabajo pliométrico, a mejorar la eficacia del entrenamiento y, por tanto, la fuerza rápida. El contraste puede consistir en variación de la carga (con/sin peso suplementario) o en cambio de método (concéntrico/pliométrico) (fig. 180).

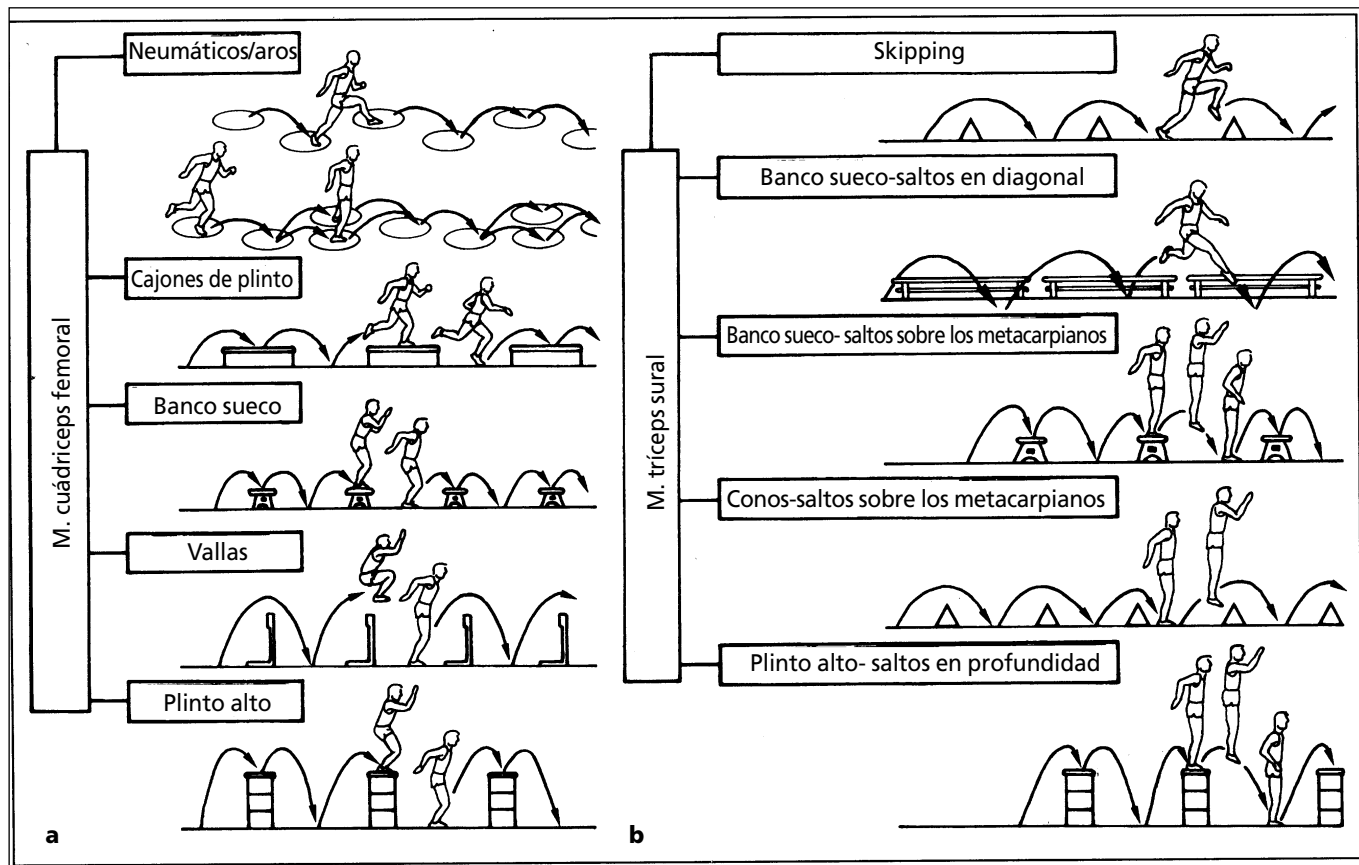


Figura 178. Ejercicios pliométricos con grado de dificultad creciente para mejorar la fuerza de los extensores de la rodilla (cuádriceps femoral) (a) y de los extensores del pie (tríceps sural) (b) (modificado de Cometti, 1988b, 136/137).

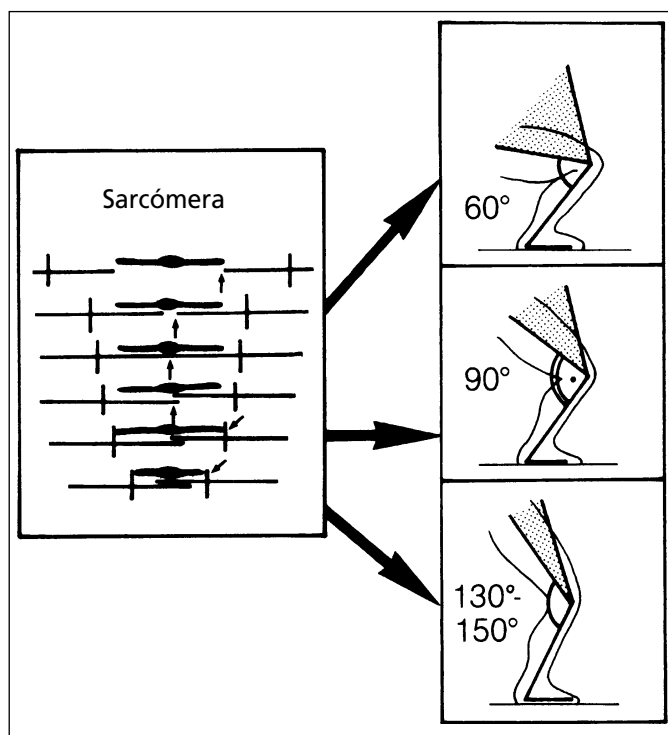


Figura 179. Cambios en la superposición de los filamentos contractiles dependiendo del ángulo de flexión de la rodilla (modificado de Cometti, 1988c, 52).

El entrenamiento pliométrico se puede intensificar también llevando un chaleco lastrado durante la realización del ejercicio. Como muestran los estudios de Bosco (1985, 21), el hecho de llevar chaleco lastrado –el peso debe ser un 13 % del peso corporal del deportista– durante las cargas de velocidad y de fuerza rápida acentúa el trabajo de las fibras musculares de contracción rápida, lo cual favorece en gran medida el desarrollo de la velocidad. En este contexto, Bosco habla de “entrenamiento en hipergravedad”. Un trabajo de este tipo provoca un aumento de la velocidad de los movimientos (fig. 141). Se cree que la frecuencia de movilización y/o el número de unidades moto-

ras rápidas (FT) activadas en condiciones de “hipergravedad” aumenta con las mejoras de la velocidad y la fuerza rápida reflejadas en la figura.

Importante. El aumento de la resistencia externa (peso del chaleco lastrado) tiene un margen de tolerancia relativamente estrecho, dada la importancia que reviste la coordinación intermuscular. El límite superior debería ser la cifra antes mencionada del 13 %. Si se sobrepasa este ámbito se modifica considerablemente la estructura motora propia de la modalidad y, por tanto, en determinadas circunstancias las secuencias motoras pueden perder calidad (cf. Harre/Hauptmann/Minow 1989, 201).

Modalidades generales de ejecución del entrenamiento pliométrico sobre el ejemplo del entrenamiento del salto en profundidad (cf. Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 101)

- Intensidad: 100 % y más.
- Repeticiones: 6–10.
- Series: 6–10.
- Velocidad de movimiento: explosiva.
- Duración de las pausas: 2 min.

Valoración global del entrenamiento pliométrico

Ventajas del entrenamiento de la fuerza pliométrico

- La intensidad de carga elevada permite, a través de la mejora de la coordinación intramuscular, una adquisición de fuerza significativa sin aumento de la masa muscular ni del peso corporal. Ésta es una circunstancia favorable en las modalidades en que la fuerza explosiva desempeña un papel importante (p. ej., en saltos de altura y longitud).
- El entrenamiento pliométrico es un método que provoca considerables mejoras de la fuerza, incluso en deportistas muy entrenados en modalidades de fuerza rápida (cf. fig. 176).
- Con este método de entrenamiento se puede optimizar el ciclo “estiramiento-acortamiento” mediante la corres-

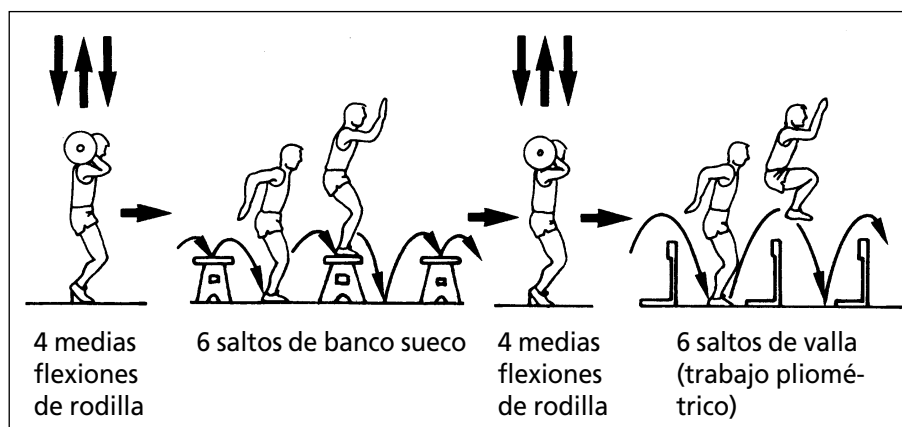


Figura 180. “Método de contraste” en pliometría: a) con/sin peso suplementario, b) concéntrico/excéntrico (modificado de Cometti, 1988b, 147/148).

pondiente selección de ejercicios y de forma específica para la modalidad; ello supone un factor decisivo para el rendimiento en muchas modalidades.

- La posibilidad de escalonamiento gradual en relación con el grado de dificultad –pliometría baja, media, alta (cf. también fig. 178)– permite aplicar este método de forma adecuada a la modalidad y en todos los niveles de rendimiento y de edad.

Inconvenientes del entrenamiento de la fuerza pliométrica

- Carga psicofísica elevada. El entrenamiento pliométrico en su forma intensiva es propio del deporte de alto rendimiento. Requiere una fuerza bien desarrollada y un aparato locomotor activo y pasivo convenientemente preparado. En su forma intensiva no resulta apropiado para el entrenamiento de niños, jóvenes o principiantes.
- Una realización inadecuada (p. ej., sin calentamiento previo suficiente) conlleva un riesgo de lesión considerable.
- Si el deportista ha conseguido ya un alto nivel de coordinación intramuscular, el método ofrece escasas posibilidades de aumentar la fuerza. Aquí se debería programar un entrenamiento de musculación antes del entrenamiento reactivo.
- El entrenamiento reactivo sólo nos aporta éxitos con una realización correcta. Así, por ejemplo, en el entrenamiento del salto en profundidad se ha de prestar mucha atención a la correcta relación entre fuerza de frenado y fuerza de aceleración. La altura de caída óptima es aquella con la que se obtiene la altura de salto máxima. Las alturas excesivas o insuficientes merman la eficacia del entrenamiento.

Sobre la periodización y la planificación del entrenamiento pliométrico ver pág. 331.

Entrenamiento de la fuerza estático o isométrico

En el entrenamiento de la fuerza *estático* o *isométrico* el trabajo físico es nulo, pues el producto fuerza \times espacio equivale a cero. Así pues, con este método de entrenamiento no se produce una contracción o un estiramiento visibles, como ocurría en el entrenamiento dinámico positivo o negativo, sino únicamente un marcado desarrollo de tensión.

El entrenamiento isométrico en sus diferentes formas nunca se debería utilizar de forma aislada para la mejora de la fuerza máxima, la fuerza rápida o la resistencia de la fuerza. Sin embargo, asociado a un posterior entrenamiento pliométrico, concéntrico o excéntrico, este método resulta sumamente eficaz, pues en él se trabaja con un músculo plenamente activado, y por tanto se agota plenamente la capacidad neuronal. También resulta apropiada su combinación con la “prefatiga” (cf. Bührle/Werner, 1984, 8).

El método isométrico se puede subdividir en categorías diferentes.

Entrenamiento isométrico sin pesos suplementarios

Aquí el cuerpo se mantiene en una determinada posición y el grupo muscular elegido se tensa de forma isométrica durante un tiempo determinado.

Algunos ejemplos:

- Mantener la posición de la plancha (codos flexionados 90°): fortalecimiento de los extensores del brazo.
- Mantener la posición de tracción de escalada (ángulo de flexión del codo de 90°): fortalecimiento de los flexores del brazo.
- Mantener la flexión de rodilla con una pierna (ángulo de flexión de la rodilla de 90°): fortalecimiento de los extensores de la pierna.
- Mantener la bipedestación sobre la punta del pie: fortalecimiento de la musculatura de la pantorrilla.

Entrenamiento isométrico con pesos suplementarios

Se puede realizar los ejercicios mencionados en el apartado anterior. La intensidad de la carga se eleva con pesos suplementarios (chalecos lastrados, sacos de arena, compañero, halteras, etc.).

En el entrenamiento isométrico se puede distinguir además, desde el punto de vista de la modalidad de carga, los métodos “de isometría máxima”, “de isometría total” y “estático-dinámico” (cf. Cometti, 1988j, 69 s.).

Isometría máxima

Se aplica una presión máxima contra una resistencia fija (p. ej., barra fija) durante un tiempo de entre 4 y 6 segundos.

Este método sólo tiene sentido cuando se practica con una tensión máxima de la voluntad. Objetivo: desarrollo de la fuerza máxima.

Isometría total

Con este método se mantienen pesos ligeros o pesados (v. fig. 181) en una determinada posición angular –por ejemplo, en la media flexión de rodilla– hasta que la fatiga provoque la interrupción del ejercicio. La intensa activación muscular constituye un poderoso estímulo de hipertrofia.

La figura 181 muestra que el músculo, con una tensión isométrica, eleva su actividad eléctrica al progresar la fatiga (lo cual significa un mayor reclutamiento de fibras musculares y un aumento de la frecuencia de impulsos). Este método de entrenamiento de la fuerza resulta, pues, idóneo para provocar una actividad muscular máxima con la ayuda del efecto de fatiga y sin la necesidad de utilizar cargas suplementarias elevadas. El aspecto desfavorable

del método tiene que ver con su lejanía de los movimientos propios de la modalidad (no se trabaja la coordinación intermuscular mediante secuencias motoras propias de la modalidad).

Método estático-dinámico

Se trata aquí de un método combinable con el entrenamiento de la fuerza excéntrico (v. pág. 252) y también –el caso más habitual– con el concéntrico (v. pág. 249).

Dentro de una secuencia motora, y en una determinada posición angular (normalmente la que corresponde a una posición importante para la capacidad de rendimiento deportivo), se efectúa una detención isométrica de entre 2 y 3 segundos, seguida de una continuación dinámica del movimiento.

Ejemplo de una combinación del método estático-dinámico con el entrenamiento concéntrico: elevarse desde la flexión de rodillas (con un peso suplementario del 60-70 % del rendimiento máximo individual) –detención de 2 ó 3 segundos– y continuación explosiva del movimiento de extensión de las piernas con salto final. Seis series de seis repeticiones cada una.

Importante. En caso de necesidad se puede introducir varias detenciones. Con este método de entrenamiento –conocido también como entrenamiento de la fuerza “intermedio”– se intenta prolongar el tiempo de contracción del músculo en los diferentes segmentos de un movimiento deportivo, intercalando episodios isométricos y aplicando así estímulos de crecimiento mayores. La desventaja de este método radica en que la regulación fina del movimiento empeora en determinadas circunstancias.

Una variante de este método, conocida también como “entrenamiento de la fuerza contrario” o “método de fuer-

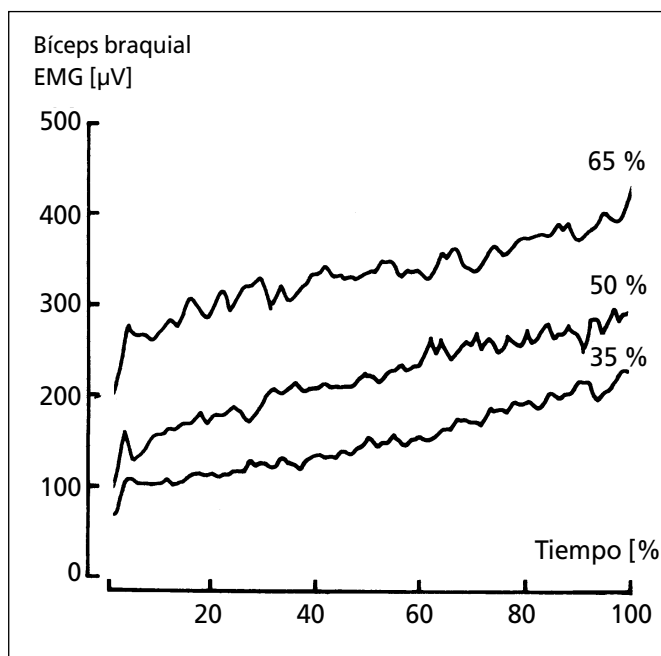


Figura 181. Actividad eléctrica de los músculos en tensión isométrica de diferente intensidad hasta el agotamiento (de Enoka, 1988, citado en Cometti, 1988, 218).

za explosiva” (cf. Dobrovolski/Golovin, 1974, 1409), consiste en anteponer una fase de tensión isométrica al inicio del movimiento dinámico. Con esta tensión previa se consigue inervar un número comparativamente mayor de unidades funcionales neuromotoras: cuando posteriormente se abandona el bloqueo inicial del movimiento (componente estático), las fibras musculares, más inervadas, garantizan una mayor fuerza y velocidad de contracción

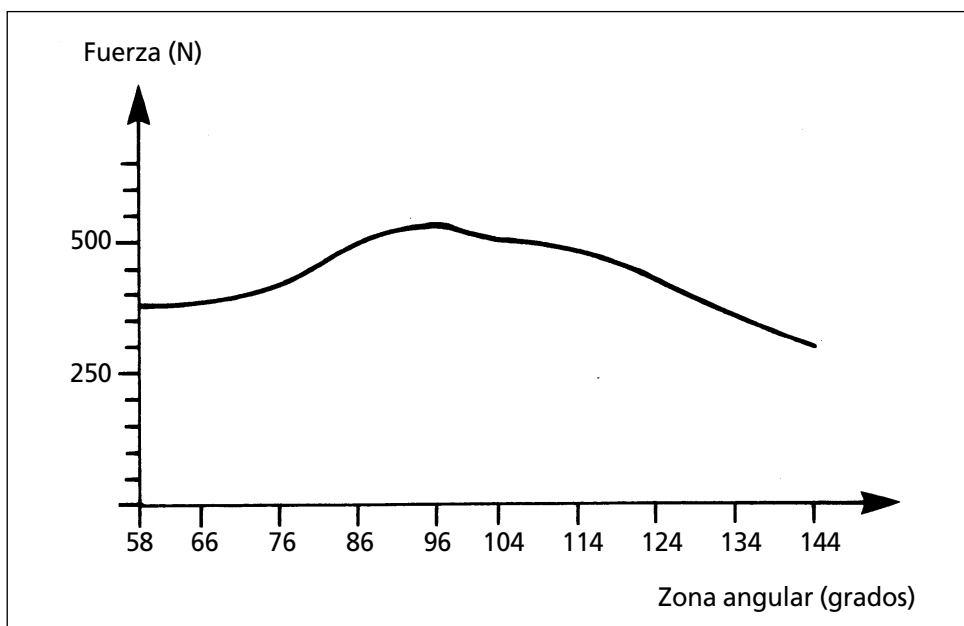


Figura 182. La fuerza isométrica en las diferentes posiciones angulares (Weineck/Jacob/Grützner, 1986).

(componente dinámico). Así pues, este método de entrenamiento favorece sobre todo la mejora de la fuerza rápida.

Como muestran la figura 182 y la tabla 34, la fuerza isométrica varía en las diferentes posiciones angulares. En el ámbito de la extensión de la rodilla, el valor máximo se sitúa entre los 90° y los 100°.

Punto de medición	Ángulo (grados)	Fuerza (N)
1	58	380
2	66	380
3	76	420
4	86	500
5	96	530
6	104	500
7	114	480
8	124	430
9	134	360
10	144	300

Tabla 34. Los valores registrados de la curva de fuerza isométrica en las diferentes posiciones angulares de la figura 182 (Weineck/Jacob/Grützner, 1986)

Valoración global del entrenamiento isométrico

Ventajas del entrenamiento estático

- Ejecución sencilla: no se necesita infraestructura de aparatos.
- Porcentajes elevados de aumento de la fuerza. El incremento de la contracción discurre en paralelo con la adquisición de fuerza.
- Ahorro de tiempo, esto es, eficacia del entrenamiento.
- Posibilidad de influir de forma local, selectiva, sobre cualquier grupo muscular en el ángulo articular deseado.
- Se puede mejorar también la capacidad para aplicar fuerza rápida o explosiva si la carga se ejerce en la posición de partida, con la amplitud de trabajo necesaria en cada momento (p. ej., posición de “listos” en el arranque del esprint).
- El entrenamiento isométrico es especialmente apropiado en el contexto de la rehabilitación. Como muestran los estudios de Scharf y cols. (1992, 67), después de lesiones con su correspondiente inmovilización se produce una atrofia muscular importante, que dependiendo del ángulo articular puede llegar a valores de entre el 68,6 % y el 73,6 %. Esta pérdida de fuerza, de origen multiestructural, se basa en el conocido daño sufrido por las fibras del tipo I. Un entrenamiento tanto isométrico (sobre todo fi-

bras FT) como dinámico (sobre todo fibras ST) ayuda eficazmente a compensar la atrofia muscular.

No obstante, este entrenamiento no se debería utilizar de forma exclusiva, pues incide sólo sobre las fibras FT (cf. Eriksson, 1981, 1; Häggmark y cols., 1981, 12 s. y 50). Además, después de la inmovilización (que origina una pérdida de longitud del músculo afectado por descenso del número de sarcómeros [cf. pág. 337]), no contribuye a recuperar la longitud muscular originaria (cf. Fischbach/Robbins 1969, 305 s.; Williams/Goldspink, 1971, 761). Para ello se necesitan estímulos motores dinámicos.

Inconvenientes del entrenamiento estático

- Pasa a un segundo plano el estado funcional de importantes ciclos reguladores y sistemas de coordinación. En el entrenamiento para las modalidades dinámicas, el trabajo isométrico debe ocupar un papel secundario frente a otros métodos de desarrollo de la fuerza.
- Influjo negativo sobre la elasticidad, la soltura y la capacidad de estiramiento de los músculos como consecuencia de la contracción muscular máxima (Marhold, 1964, 617).
- Con una forma unilateral de entrenamiento estático, el aumento de la fuerza experimenta una rápida meseta, pues el nivel conseguido se estabiliza y aparece la llamada *barrera de la fuerza máxima*.
- Monotonía del entrenamiento.
- Debido al desarrollo máximo de la contracción, el entrenamiento isométrico proporciona un rápido aumento de la sección transversa, pero no mejora la capilarización del músculo. Así pues, el método no ejerce influencia positiva alguna sobre el sistema cardiovascular.
- La tensión isométrica de los grandes grupos musculares produce una respiración forzada, que se debe evitar especialmente en el entrenamiento de niños y personas de edad avanzada.

– Electroestimulación

Una forma especial del *entrenamiento isométrico* es el trabajo muscular mediante *electroestimulación*; al igual que en el entrenamiento isométrico, se trabaja con una resistencia fija. El método se conoce también como “electromusculación” (Commandre, 1977, 4), “entrenamiento isotrónico” y “entrenamiento eléctrico” (Nett, 1972, 462).

En la *electroestimulación*, la contracción muscular no se produce mediante un impulso voluntario regulado por el sistema nervioso central, sino a través de un estímulo eléctrico. Se puede provocar la contracción de forma directa (colocando el electrodo directamente sobre el músculo ob-

jeto del entrenamiento) o indirecta (estimulando el nervio que inerva el músculo).

Al igual que el entrenamiento isométrico, la electroestimulación no se debería realizar como un fin en sí misma, sino siempre en combinación con otros métodos, o bien como entrenamiento complementario o de rehabilitación.

La electroestimulación se suele combinar con el método concéntrico. La combinación con el entrenamiento excéntrico requiere la mayor prudencia, pues ambos métodos aplican una carga sumamente elevada sobre la musculatura (asociada, en determinadas circunstancias, a agujetas intensas) y pueden originar con facilidad una sobrecarga del aparato locomotor.

Modalidades generales de realización
(cf. Cometti, 1988, tomo 2, 174/175)

- Número de grupos musculares entrenados: máximo de 3.
- Frecuencias de impulsos apropiadas: entre 50 y 100 hercios. Cuanto mayor sea la frecuencia de impulsos, más se desplaza el espectro del entrenamiento en la dirección de la fuerza explosiva.
- Duración del estímulo: 3-10 segundos (en función de los objetivos).

Como se puede ver en la figura 183, en función de la duración de la contracción se obtienen efectos de entrena-

miento diferentes: los tiempos de contracción breves favorecen sobre todo el desarrollo de la fuerza rápida y los largos, el aumento de masa muscular.

- Pausa entre las series. En series de estimulación muy intensas, centradas en la mejora cualitativa (para desarrollar la fuerza máxima y la fuerza explosiva) se deberían planificar pausas de entre 3 y 5 minutos entre las series. Por lo demás son suficientes pausas de 50 segundos (con tiempos de carga de 10 segundos)

Sumando la duración normal de estimulación y pausa resulta un tiempo global de carga de 10 minutos por grupo muscular. No obstante, para el *tríceps sural* no se debería sobrepasar los 5 minutos, mientras que los *músculos abdominales* pueden ser sometidos a un tiempo de estimulación de hasta 20 minutos por sesión de entrenamiento.

El entrenamiento de electroestimulación se puede utilizar también en el marco del *método de contraste* con otras variaciones ya mencionadas.

Valoración global del entrenamiento de electroestimulación

Ventajas de la electroestimulación

- La activación máxima del aparato contráctil con estimulación indirecta produce una tensión muscular más elevada, originando así un crecimiento muscular marcado.

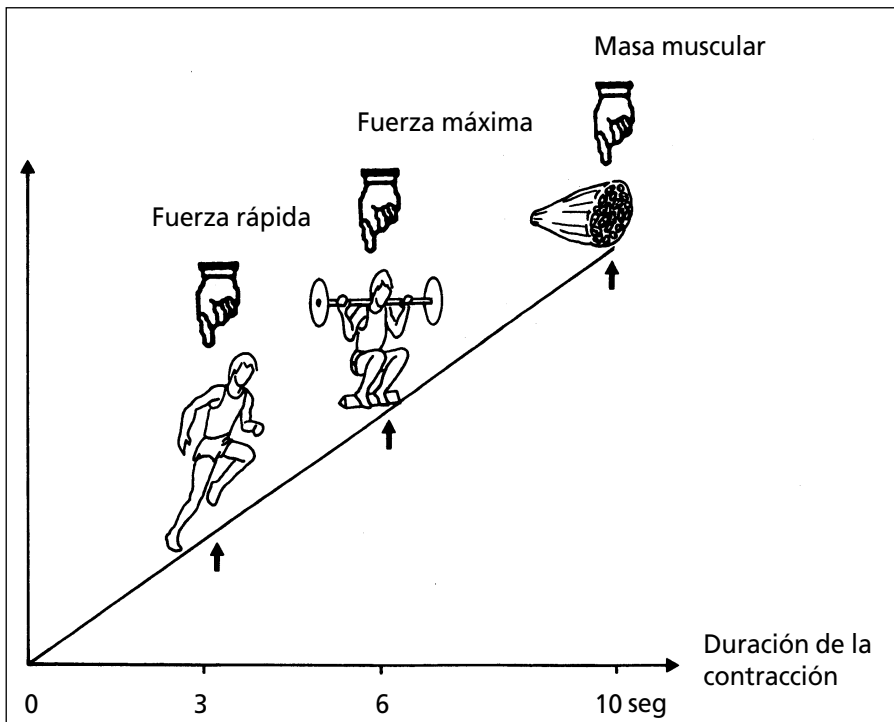


Figura 183. Influjo de la duración de la contracción sobre el aumento de masa muscular y sobre otras cualidades de la fuerza.

- La contracción muscular provocada por medios eléctricos se mantiene durante más tiempo y produce un estímulo de crecimiento muscular más intenso.
- Dado que la electroestimulación evita la inhibición por fatiga del SNC (v. *infra*), se puede conseguir un número de repeticiones mayor y, por tanto, un volumen de carga mayor; ello contribuye, unido a la intensidad de carga elevada, al incremento de la masa muscular.
- Se puede efectuar un entrenamiento aislado y, por tanto, selectivo de grupos musculares importantes; de aquí se deduce que el método resulta especialmente apropiado para fines de rehabilitación (cf. Duchateau, 1993, 43).
- En un entrenamiento de 30 minutos se consiguen los mismos resultados que en 1 o 2 horas de entrenamiento convencional (Viani y cols., 1975, 38).

La ventaja principal del entrenamiento de electroestimulación –además de sus posibilidades de uso en rehabilitación– radica en la rápida e intensa hipertrofia muscular que provoca.

Frente a estos efectos positivos se encuentra una serie de consecuencias negativas.

Inconvenientes de la electroestimulación

- El estado funcional de importantes circuitos reguladores y sistemas de coordinación pasa a un completo segundo plano (Commandre, 1977, 8; Beulke, 1978, 226/229).
- En comparación con la contracción voluntaria se produce un cambio radical en el comportamiento del reclutamiento: en primer lugar, se inervan las unidades motoras grandes, rápidas, y sólo después las pequeñas, lentas (cf. Duchateau, 1993, 20). De esta forma “se pone patas arriba” el principio de inervación de Hennemann (cf. fig. 139, pág. 227) y se utiliza un modelo de contracción que no se corresponde con la sucesión normal de la inervación, y que por tanto no contribuye a mejorar la coordinación neuromuscular (cf. Duchateau, 1993, 42).
- La electroestimulación vuelve ineficaz la función protectora y reguladora de los propioceptores (v. fig. 341 con su pie).
- En la electroestimulación directa se inervan básicamente las fibras musculares de la periferia, en forma supramáxima, mientras que una gran parte de las fibras musculares del interior –sobre todo en músculos muy vigorosos– no llega al umbral de la inervación, por lo que dichas fibras no participan en el proceso de contracción del músculo (Beulke, 1978, 228).
- Los mecanismos fisiológicos y psicológicos que protegen frente a la fatiga se desactivan a causa de las señales de

estimulación provenientes del exterior, lo que propicia diferentes posibilidades de daños musculares.

Formas de ejecución y de organización del entrenamiento de la fuerza

Los métodos de entrenamiento antes mencionados se practican bajo diferentes formas de ejecución y de organización. En el uso habitual es frecuente denominar “métodos de entrenamiento” a estas mismas formas de ejecución y organización, lo que genera no pocas dificultades e inseguridades desde el punto de vista terminológico. Para una mejor sistematización conviene distinguir entre métodos de entrenamiento de la fuerza (según los posibles tipos de contracción, a saber, *dinámica*, *estática* y *combinada*) y formas de ejecución y organización, aun cuando a veces se produzcan coincidencias.

En la práctica deportiva, las formas habituales de ejecución y de organización son las siguientes:

Entrenamiento de estaciones

Distinguimos un entrenamiento de estaciones:

a) con nivel de carga y número de repeticiones constantes:

70 %	+	70 %	+	70 %	etc.
10 veces		10 veces		10 veces	

b) con nivel de carga variable y número de repeticiones constante:

50 %	+	60 %	+	70 %	etc.
10 veces		10 veces		10 veces	

c) con nivel de carga constante y número de repeticiones variable:

80 %	+	80 %	+	80 %	etc.
10 veces		7 veces		4 veces	

Las *variaciones* del nivel de carga, del número de repeticiones y series y de la forma de ejecución (explosiva o regular) permiten trabajar la *fuerza máxima*, la *fuerza rápida* o la *resistencia de la fuerza*.

Entrenamiento piramidal

Esta forma de entrenamiento debe su nombre al aumento y la disminución del nivel de carga (fig. 185).

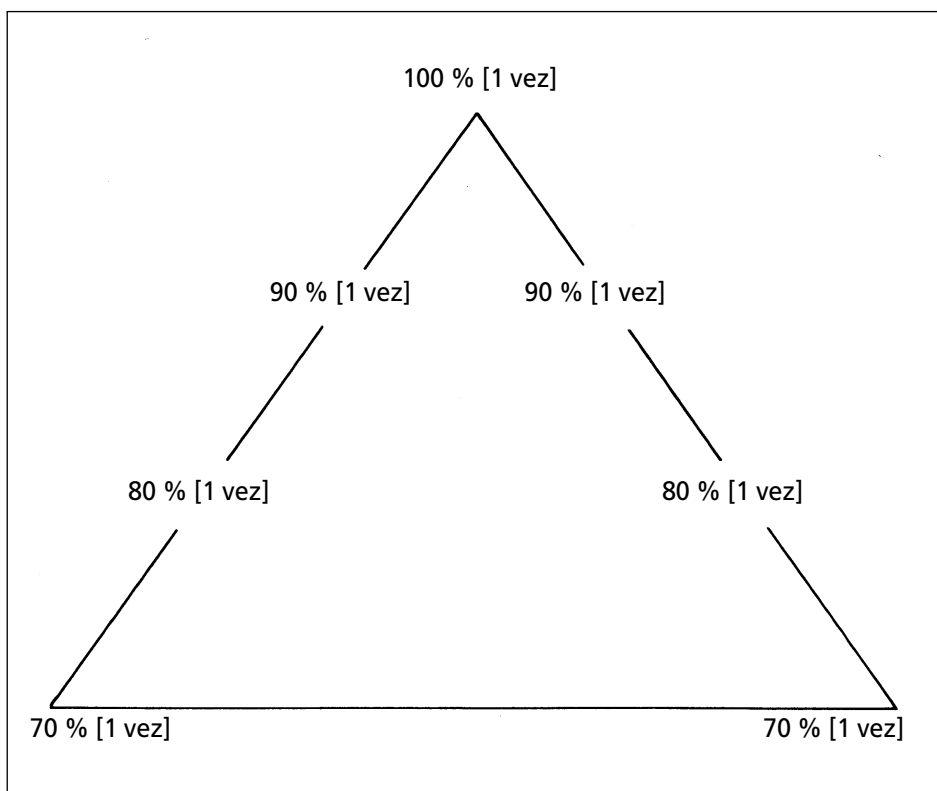


Figura 184. Cambios del nivel de carga y del número de repeticiones en el entrenamiento piramidal.

Modalidades de realización del entrenamiento piramidal

- Intensidad: 60-100 %.
- Repeticiones: 1-8.
- Series: 5-10 por ejercicio.
- Número de ejercicios: 4-5.
- Pausas entre las series: 1-2 min.

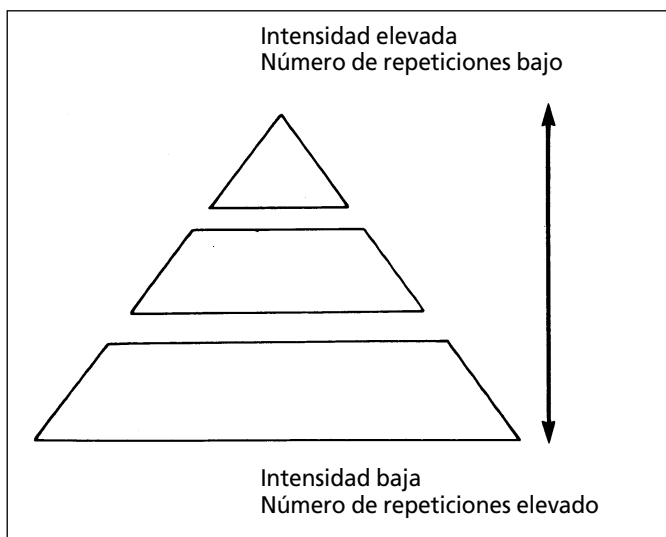


Figura 185. Posibilidades de una realización selectiva del entrenamiento piramidal, centrando nuestro interés en el vértice, la zona media o la base de la pirámide.

El entrenamiento piramidal puede enfocarse de diferente forma dependiendo del tipo de realización (fig. 185).

Si se aborda la zona del vértice, con cifras de repeticiones bajas (entre una y cinco aprox.) e intensidad elevada (75-100 % aprox.), predomina entonces el desarrollo de la fuerza máxima a través de la mejora de la coordinación intramuscular (cf. fig. 138).

Si nos centramos en una cifra de repeticiones media (de ocho a doce aprox.) y una intensidad media (40-60 % aprox.), el aumento de la fuerza se produce por crecimiento de la masa muscular (entrenamiento de musculación).

Si trabajamos en la base de la pirámide, con cifras de repetición muy altas (15 y bastantes más) e intensidad baja (inferior al 20-40 %), predomina el desarrollo de la resistencia de la fuerza.

La *realización explosiva* favorece sobre todo la fuerza rápida: el peso levantado será consecuentemente escaso.

En el *entrenamiento de la fuerza estático* la forma de pirámide surge de los cambios en el tiempo de contracción.

Ventajas del entrenamiento piramidal

- Si en el entrenamiento se incluyen todas las zonas de la pirámide –en el verdadero sentido de la expresión “entrenamiento piramidal”– estaremos ante una mejora

combinada de la fuerza mediante hipertrofia y coordinación intramuscular, y por tanto ante un aprovechamiento global óptimo del potencial muscular disponible.

- Obtención rápida de fuerza en tiempo limitado: un entrenamiento piramidal de 4 semanas aporta una ganancia de fuerza mayor que un entrenamiento de musculación y de inervación intramuscular en el mismo tiempo (separado en dos ciclos de 2 semanas) (cf. Ehlenz/Gros-ser/Zimmermann, 1983, 104).

Inconvenientes del entrenamiento piramidal

Con un tiempo de trabajo suficiente, un entrenamiento separado de hipertrofia y de inervación intramuscular produce un aumento de la fuerza más pronunciado que un entrenamiento exclusivamente piramidal.

Realización de ejercicios con un número máximo de repeticiones

Dependiendo del nivel de carga elegido, se mejoran la resistencia de la fuerza o la fuerza máxima. Con un nivel de carga bajo (hasta el 50 % aprox. de la fuerza máxima individual) el trabajo se enfoca hacia los cambios del metabolismo muscular –vaciamiento de las reservas de glucógeno seguido de supercompensación y, por tanto, mejora de la resistencia de la fuerza–, y con una carga mayor (75-85 %), más hacia la resíntesis de proteínas musculares contráctiles, y por ello hacia el aumento de la sección transversa del músculo (v. *body building*) y del creatínfosfato en éste. En la realización del ejercicio con cifra de repeticiones máxima, la carga idónea para el aumento de la fuerza es la que permita un máximo de ocho repeticiones (cf. Hettinger, 1966, 63; Tschien, 1975, 19).

Entrenamiento según el principio del *body building*

(v. también pág. 243 s.)

En el *body building* (culturismo) de principiantes el interés no se centra en la tensión máxima con número de repeticiones bajo, sino en un número de repeticiones máximo con una tensión muscular suficiente para aumentar la fuerza; con esta forma de entrenamiento la fatiga creciente del músculo provoca un reclutamiento progresivo de unidades motoras y, por tanto, conexiones de fibras musculares “en reposo” (en alusión a la teoría del reclutamiento circulante, v. Commandre, 1977, 5). Al interrumpir el ejercicio se obliga a contraerse a casi “la última” fibra; el aumento así obtenido de la sección transversa de cada fibra existente en el músculo produce un extraordinario crecimiento de la masa muscular y, por tanto, de la fuerza máxima. Sobre los métodos de entrenamiento habituales v. pág. 243 s.

Con el ascenso del nivel de rendimiento aumenta la intensidad de la carga y se reduce a cinco aproximadamente el número de repeticiones.

Entrenamiento en circuito

Dado que el entrenamiento en circuito reviste, en sus distintas variantes y en casi todas las modalidades y niveles de rendimiento, una gran importancia para la adquisición de condición física general y especial, expondremos aquí sus particularidades con algo más de detalle (cf. también Weineck, 1992, 237 s.).

El entrenamiento en circuito es una forma de organización aplicable con muchos enfoques y variantes (cf. Scholich, 1965, 497 y 1984, 87; Gerisch, 1977, 63 s.; Bisanz/Gerisch, 1980, 96; Wittmann/Maier/Pfeifer, 1982, 98; Savard/Kiens/Saltin, 1987, 167; Stiehler/Konzag/Döbler, 1988, 112/113). Dependiendo de los objetivos, la edad y la capacidad de rendimiento se recorren entre seis y doce estaciones en circuito; en ellas se entrenan, en orden variable, los grupos musculares más importantes en cada momento. En función del tipo de fuerza que interesa trabajar, el tiempo de trabajo suele situarse entre 15 y 40 segundos (en circuitos de resistencia incluso bastante más). La pausa entre las diferentes estaciones depende del tiempo de trabajo; con grupos de rendimiento la relación se sitúa en 1:1, y con grupos más débiles, en 1:2.

Las ventajas específicas del entrenamiento en circuito se fundamentan en los siguientes motivos:

- Se puede someter a carga a muchos deportistas al mismo tiempo en un espacio relativamente reducido (esto es, también en una pista polideportiva cubierta).
- Dependiendo de la modalidad de carga, se pueden desarrollar de forma selectiva y separada las principales formas de trabajo motor, a saber, fuerza, velocidad y resistencia y sus subcategorías: resistencia de la fuerza, fuerza rápida, resistencia de la fuerza rápida y resistencia de la velocidad.
- Pueden efectuarse también variantes de técnica de balón y mixtas de condición física / técnica de balón.
- Se puede conseguir una carga multilateral.
- La intensidad del ejercicio y la carga global se pueden organizar de forma variada, dependiendo de los objetivos y de la capacidad de asumir carga de cada grupo de entrenamiento.
- La carga se puede aumentar progresivamente variando sus componentes: volumen del estímulo, intensidad del estímulo, duración del estímulo y frecuencia de entrenamiento general e individual.
- La carga se puede aumentar de forma progresiva y abrupta modificando las estaciones y el orden de los ejercicios.

- El entrenamiento en circuito puede aportar variedad a la rutina de trabajo normal y motivar a los deportistas para una participación más intensa.
- No está asociado a ninguna fase de entrenamiento determinada dentro del ciclo anual. Resulta apropiado para desarrollar la condición física general sobre todo en la pretemporada, pero se puede utilizar también como prueba de control del rendimiento durante el período de competición.
- En su ejecución existe una cierta flexibilidad en relación con el número de vueltas. Si disminuyen la disposición al rendimiento o la capacidad de carga, se puede reducir este número.
- Esta forma de organización fomenta en los jugadores la autonomía y la correcta valoración de sí mismos, e incrementa sus capacidades volitivas (p. ej., fuerza de voluntad).
- El entrenador y los jugadores reciben información sobre el nivel de determinados factores específicos, decisivos para el rendimiento en su modalidad.
- El efecto de entrenamiento producido por el recorrido se puede modificar selectivamente, dependiendo de las necesidades momentáneas.
- El entrenamiento en circuito se puede efectuar como trabajo individual, asistido por un compañero, por parejas (alternativa o simultáneamente), etc.

Para una realización óptima se debe tener en cuenta las siguientes indicaciones (cf. Bisanz/Gerisch, 1980, 97/98):

- Diseñar una tarjeta de rendimiento para cada participante, que incluya nombre, fecha de nacimiento, peso corporal, frecuencia cardíaca en reposo (medida por la mañana al despertarse).
- Informar sobre ubicación y orden de las estaciones.
- Distribuir en grupos de rendimiento de nivel parecido (incentivo).
- Calentamiento intensivo con gimnasia preparatoria selectiva (ejercicios de estiramiento y relajación).
- Pausa activa durante los ejercicios. Al quedarse quieto, de pie o sentado, sobre todo después de ejercicios de salto, la sangre puede descender hacia la musculatura de rendimiento (en estado de dilatación); debido a la falta de oxígeno en el cerebro, el jugador puede quedar inconsciente de forma instantánea y caer al suelo (riesgo de lesión).
- Distribuir a los deportistas por las estaciones indicándoles el tiempo de carga, las repeticiones y el tiempo de pausa.
- Registrar la frecuencia cardíaca previa a la carga (control de la frecuencia de pulso propia de forma manual o con aparatos de medición objetivos como el *Sporttester*), la

frecuencia de carga (inmediatamente después de la carga, contando durante 10 segundos y multiplicando por 6) y la posterior, un minuto después de concluir la carga, para comprobar la capacidad de recuperación y el estado de entrenamiento.

- Comentario y evaluación de los resultados por parte del entrenador, destacando rendimientos notables y carencias de naturaleza general o individual (charla general o personal).
- El circuito debe prepararse con todo detalle antes del inicio y debe incluir los aparatos necesarios.

A la hora de realizar un circuito se ha de buscar la ejecución motora correcta (rapidez de movimientos) y la intensidad de carga y número de repeticiones óptimos (cf. Bisanz/Gerisch, 1980, 96/97; Scholich, 1984, 87).

Atención. En los circuitos de fuerza máxima y de fuerza rápida se trabaja según el método de la intensidad elevada y máxima, y en los circuitos de resistencia de la fuerza, según el método del mayor número de repeticiones.

Para incrementar la coordinación intramuscular (v. pág. 226) en un circuito de mejora de la *fuerza máxima* (v. fig. 186) se consideran adecuadas las intensidades de carga elevadas (80-95 %) con número de repeticiones bajo (de dos a cuatro); en pretemporada, con la musculación como objetivo (v. pág. 272), se recomienda como estímulo óptimo para el aumento de la masa muscular una intensidad de carga del 60-70 % y un número de repeticiones posibles en torno a diez.

En el circuito de la fuerza máxima, la pausa entre las estaciones debería situarse en unos 2 minutos. La pausa entre dos vueltas puede durar entre 3 y 5 minutos.

En un circuito de fuerza máxima el protagonismo desde el punto de vista energético corresponde a los fosfatos ricos en energía (ATP, FC) (v. pág. 217). Así pues, predomina el suministro energético anaeróbico aláctico (sin formación de ácido láctico = lactato).

En un circuito para la mejora de la *fuerza rápida* (v. fig. 187) la carga debería elegirse de tal modo que permita entre cuatro y diez repeticiones explosivas. Según estudios de Ballor y cols. (1989, 94), en una ejecución con rapidez máxima o fuerza rápida el grado máximo de eficacia se ha obtenido con la relación 1:1 entre la carga y la pausa, con tiempo de 15 segundos para ambas. Esta configuración de la carga presenta las siguientes ventajas: no se produce caída de la intensidad y se consigue el ascenso más rápido del consumo máximo de oxígeno (como criterio del nivel de carga). Además, la prolongación del trabajo no supondría una aportación sustancial para el aumento del trabajo total efectuado. Es aconsejable efectuar pausas de entre 2 y 4 minutos después de cada vuelta.

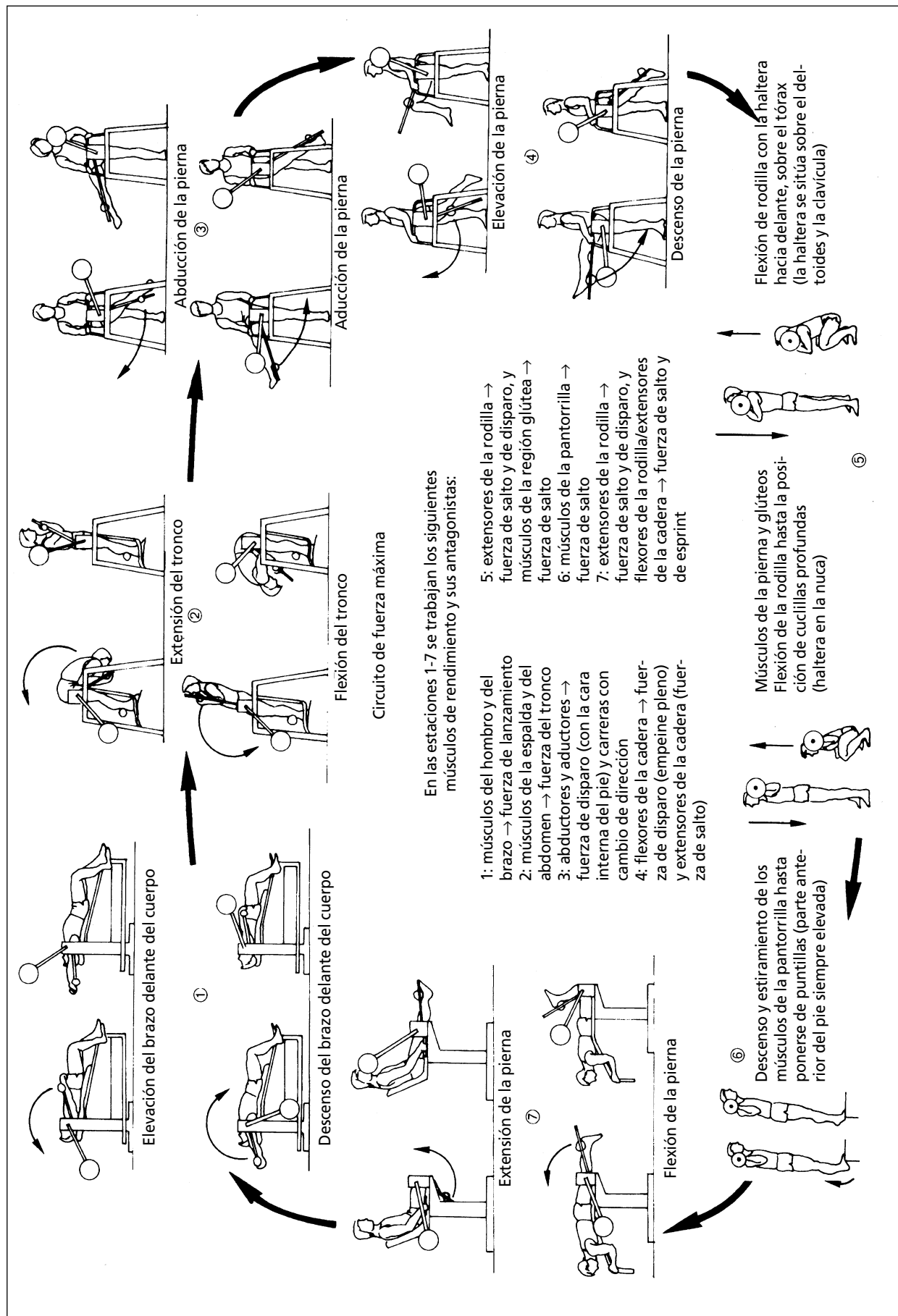


Figura 186. Circuito de fuerza máxima en el sentido de un entrenamiento de musculación. Momento de utilización: pretemporada (modificado de Eggert, 1988).

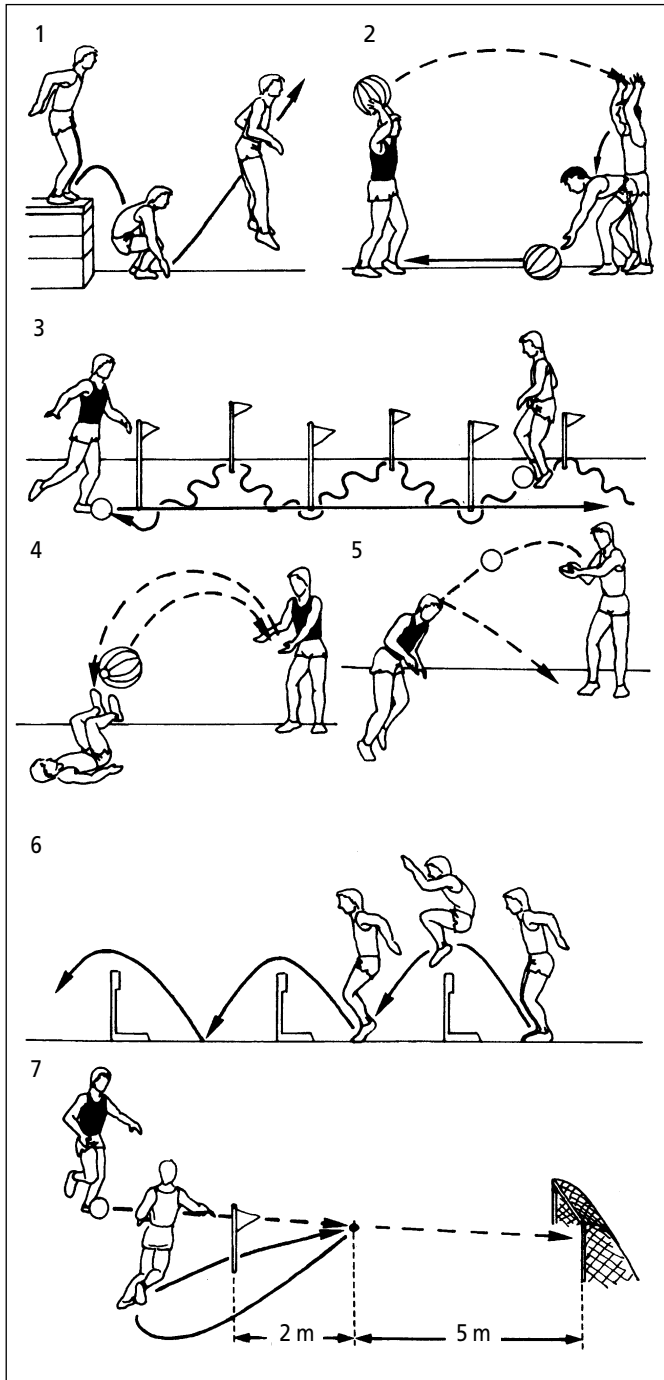


Figura 187. Circuito de fuerza rápida con ayuda del compañero.

Como en el caso de la fuerza máxima, en el circuito de fuerza rápida el papel principal lo desempeña el suministro energético anaeróbico aláctico.

La figura 187 ofrece un ejemplo posible de circuito de fuerza rápida con compañero (específico para el fútbol).

En un circuito para la mejora de la *resistencia de la fuerza rápida* la carga tiene que reducirse hasta permitir 10-15 repeticiones explosivas. Efectuar 1 minuto de pausa entre

- Estación 1: saltos en profundidad (60-80 cm) y remate de cabeza inmediato (imitación del movimiento).
- Estación 2: ejercicio de saque de banda hacia el compañero, que devuelve el balón rodando.
- Estación 3: regates en *slalom*-espript sin balón volviendo a la posición de partida.
- Estación 4: devolución con ambas piernas del balón lanzado por el compañero.
- Estación 5: remate de cabeza en salto tras lanzamiento del compañero.
- Estación 6: saltar vallas desde la postura en cuclillas sin salto intermedio.
- Estación 7: serie de tiros a puerta después de un arranque desde el banderín. Después de cada tiro, vuelta al banderín (rodearlo) y reinicio. El compañero da un pase corto.

las estaciones, y entre 2 y 4 minutos de pausa entre las series.

En un circuito de resistencia de la fuerza rápida el protagonismo, desde el punto de vista energético, corresponde a los fosfatos ricos en energía y parcialmente a la glucólisis anaeróbica (combustión de glúcidos sin oxígeno, proceso en el que se forma ácido láctico).

En un circuito para la mejora de la *resistencia de la fuerza general* (v. fig. 188) predomina el suministro energético anaeróbico láctico. Los tiempos de carga se sitúan aquí entre 30 y 60 segundos y el número de repeticiones, entre 15 y 30 con velocidad de movimiento media. Este tipo de entrenamiento en circuito sirve para adquirir condición física general y resistencia local frente a la fatiga y para mejorar la capacidad de tolerancia (capacidad anaeróbica general) a los ejercicios que involucran todo el cuerpo. A menudo se combinan los circuitos de resistencia de la fuerza rápida y de resistencia de la fuerza, de forma que varían las velocidades de ejecución.

En la práctica de circuitos de fuerza máxima, fuerza rápida y resistencia de la fuerza rápida se ha de buscar una alternancia de la carga entre los diferentes grupos musculares, esto es, una sucesión de ejercicios para fortalecer las piernas, el tronco (musculatura del abdomen y de la espalda), los hombros y los brazos.

El grado de dificultad de los diferentes ejercicios se puede incrementar progresivamente variando selectivamente su forma de ejecución (fig. 189).

La eficacia global de un entrenamiento en circuito (unido a un trabajo de resistencia o de fuerza de la musculatura local) para el sistema cardiovascular, y por tanto para la resistencia, depende de la calidad de los ejercicios seleccionados, de los grupos musculares que participan en ellos y de la duración de la carga.

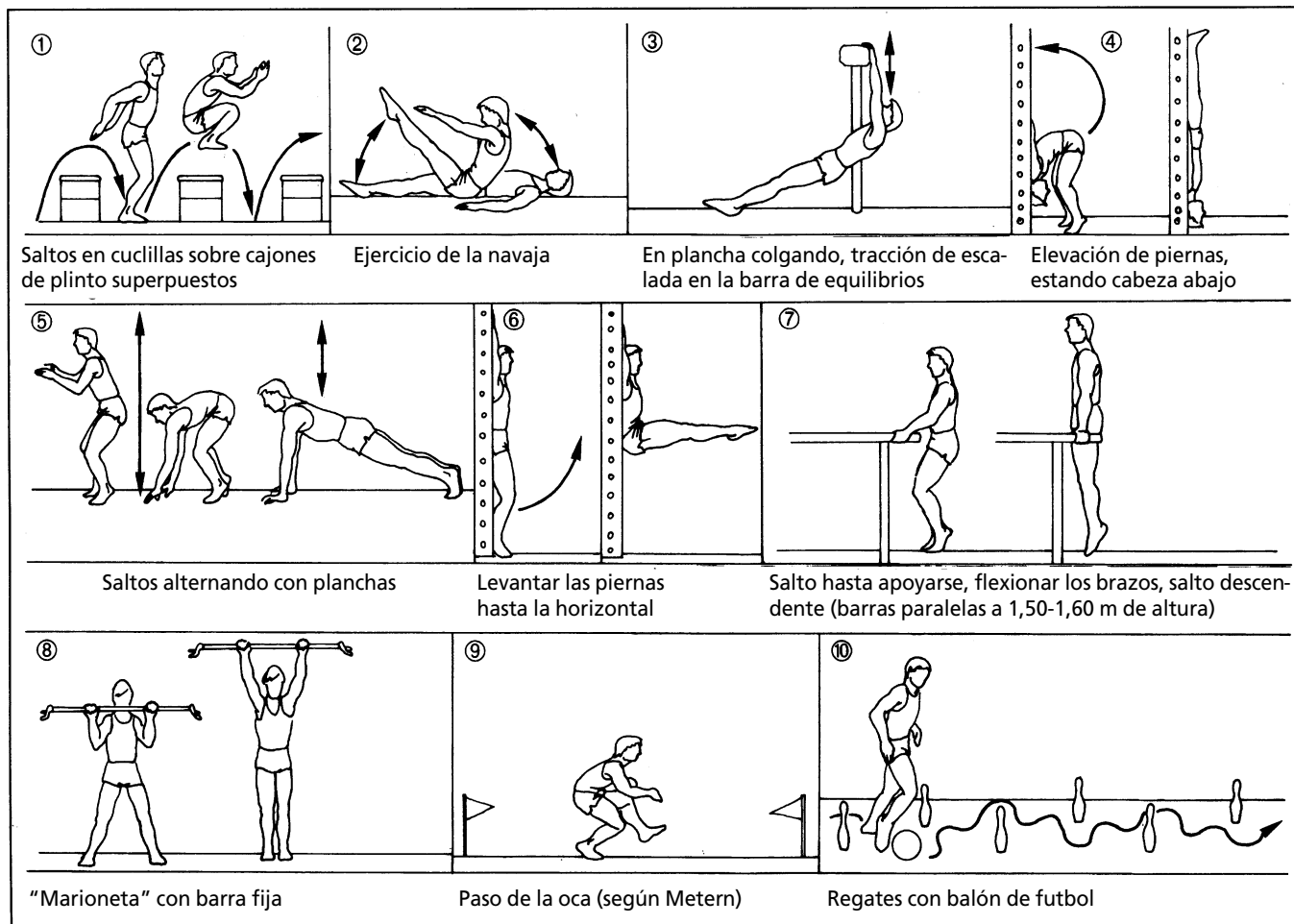


Figura 188. Circuito de resistencia de la fuerza (modificado de Scholich, 1965, 586).

Métodos y procedimientos para el entrenamiento de la fuerza máxima, la fuerza rápida y la resistencia de la fuerza

Métodos para el entrenamiento de la fuerza máxima

Para mejorar la fuerza máxima podemos recurrir a todos los métodos que se caracterizan por presentar una intensidad de carga elevada y un tiempo de contracción suficientemente largo. Como ya hemos mencionado, un nivel de fuerza máximo no se consigue utilizando un único método de entrenamiento –en este caso el efecto de la adaptación produce una rápida meseta en el rendimiento–, sino combinando de forma óptima varios métodos.

Como ya hemos expuesto (v. pág. 233), la fuerza máxima se puede mejorar bien de forma separada aumentando la masa muscular –mediante entrenamiento de muscula-

ción–, bien con un entrenamiento de coordinación intramuscular o bien con un entrenamiento combinado.

La figura 190 ofrece una visión global de las posibilidades y modalidades de ejecución en el ámbito del entrenamiento de la fuerza máxima.

Entrenamiento de musculación

El *entrenamiento de musculación* es una posibilidad de conseguir diferentes objetivos en el ámbito del mantenimiento (*fitness*), el culturismo y el deporte de alto rendimiento. En el deporte de mantenimiento el objetivo de aumentar el peso y la fuerza se consigue con una hipertrofia muscular. En el culturismo sirve para aumentar de forma visible la masa muscular y para equilibrar los diferentes grupos musculares. Finalmente, en el deporte de alto rendimiento el *entrenamiento de musculación* se utiliza para las etapas de entrenamiento de base y de consolidación. En

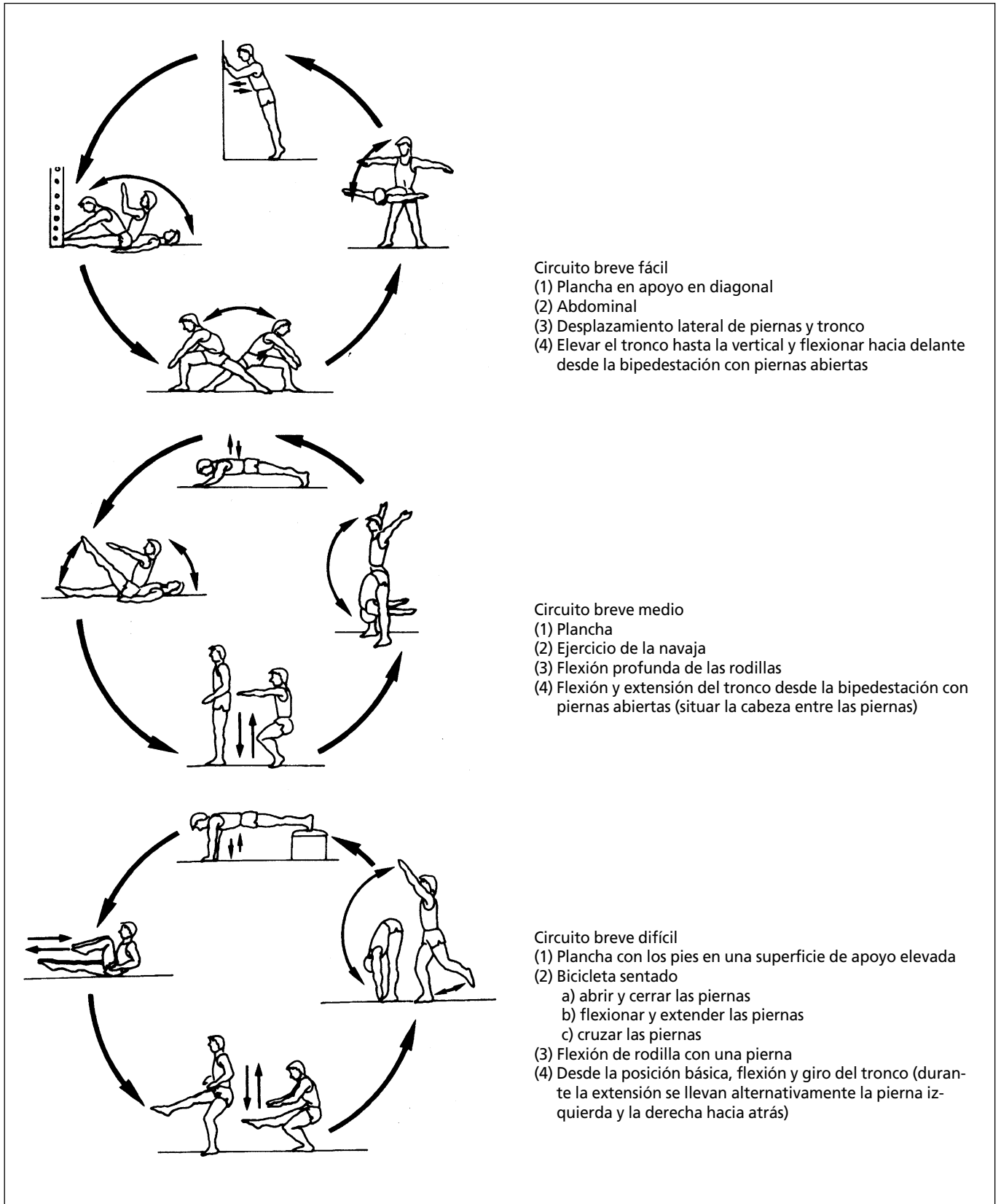


Figura 189. Ejemplos de elevación gradual del nivel de dificultad en la ejecución de ejercicios característicos (modificado de Scholich, 1965, 585).

Entrenamiento de la fuerza máxima			
Tipo de entrenamiento	Entrenamiento de musculación	Entrenamiento combinado	Entrenamiento de coordinación intramuscular
Caracterización	Engrosamiento de las fibras musculares (hipertrofia)	Hipertrofia y aumento de la activación sincrónica de las unidades motoras	Aumento de la activación sincrónica de las unidades motoras
Ámbitos de aplicación	En todas las modalidades y ámbitos de aplicación como modalidad básica de entrenamiento de la fuerza	Sobre todo en el deporte de rendimiento y de alto rendimiento	Deporte de rendimiento y de alto rendimiento
Métodos de entrenamiento y carga	Métodos con número de repeticiones elevado (10-15) e intensidades bajas (40-60 %) Entrenamiento desmodrómico Entrenamiento isométrico	Método estático-dinámico Método "120- 80" Electroestimulación	1. Método con intensidades elevadas y máximas (75-100 %) y número de repeticiones bajo (1-5) 2. Métodos de carga reactiva (100 % y > 100 %) 3. Entrenamiento excéntrico 4. Electroestimulación

Figura 190. Tipo de entrenamiento, ámbito de aplicación, métodos de entrenamiento y carga para mejorar la fuerza máxima (modificado de Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 99).

modalidades o disciplinas con división en categorías de peso –en las cuales a menudo se necesita agotar por completo el límite del peso para conseguir la capacidad de rendimiento máxima– un entrenamiento de musculación adecuado resulta asimismo imprescindible (cf. Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 99). Las siguientes indicaciones sobre modalidades de realización del *entrenamiento de musculación* se basan en su mayor parte en el método dinámico tradicional.

Modalidades de realización de un entrenamiento de musculación (de Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 100)

- Intensidad: 40-60 %.
- Número de repeticiones: 8-12.
- Velocidad del movimiento: lenta y sin interrupción para un crecimiento muscular extremo; en los demás casos, velocidad moderada.
- Series: 3-5 para principiantes; 5-8 para deportistas de rendimiento.
- Pausa entre las series: 1-2 min.

La *ventaja* del *entrenamiento de musculación* consiste en que la intensidad de carga media no provoca sobrecargas físicas (sobre todo relacionadas con el aparato locomotor activo y pasivo) ni psíquicas (fatiga del SNC, estrés), circunstancia que lo hace especialmente apropiado para el ámbito de jóvenes y principiantes. El mayor *inconveniente* que presenta es que el aumento de la fuerza es más lento en relación con el entrenamiento de la fuerza intramuscular (v. pág. 226).

Entrenamiento de la coordinación intramuscular

El entrenamiento de musculación suele ir seguido de un entrenamiento de la coordinación intramuscular (ECI). Su propósito es la estimulación máxima del potencial muscular disponible. Por “estimulación máxima” entendemos la capacidad de activar hasta un 80 % de las unidades motoras de forma sincrónica, y por tanto de llegar al límite de la fuerza muscular movilizable de forma voluntaria, límite que en el sujeto no entrenado se sitúa en el 60 % aproximadamente (cf. págs. 226 y 234).

Si la hipertrofia muscular se ha conseguido a través de un entrenamiento de musculación, las futuras tensiones se

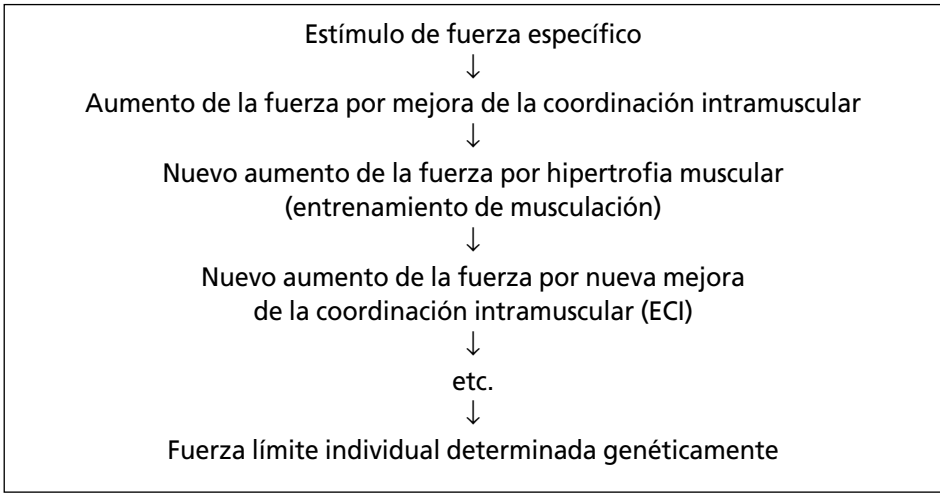


Tabla 35. Incremento de la fuerza muscular mediante alternancia entre el aumento de la masa muscular y el subsecuente trabajo de coordinación intramuscular, hasta llegar al límite de fuerza determinado genéticamente

distribuirán sobre una masa celular mayor, y por este motivo las cargas habrán de someterse a un modelo de inervación intramuscular que deberá experimentar un nuevo desarrollo.

Como se puede ver en la tabla 35, el desarrollo de la fuerza máxima conoce un único camino: a un crecimiento de la sección transversa del músculo debe seguir una “estimulación total” del nivel óptimo de coordinación intramuscular. Una sección transversa grande o un grado óptimo de coordinación intramuscular no producen por sí solos el máximo de fuerza posible.

No obstante el ECI se puede practicar también por separado. Éste es el caso habitual en las *modalidades de juego* (aquí suelen bastar los ejercicios con el propio peso del cuerpo (p. ej., saltos) para mantener o consolidar las necesarias capacidades de fuerza generales, aunque también específicas), y en las *modalidades en las que el peso corporal relativo* desempeña un papel determinante para el rendimiento (p. ej., saltadores de altura), y donde, por tanto, no se desea aumentar la masa muscular ni el peso corporal.

Respecto de la transición entre entrenamiento de musculación y ECI, o del inicio del ECI, hemos de señalar el riesgo de un cambio demasiado abrupto de la carga –y esto afecta sobre todo el método reactivo (v. pág. 257): con un cambio progresivo o con la correspondiente preparación (v. método de transición, pág. 319) se pueden evitar lesiones y daños en el aparato locomotor.

Los métodos para la mejora de la coordinación intramuscular son el método excéntrico, el método reactivo y el método de las intensidades elevada y máxima (cf. pág. 249).

Entrenamiento de la fuerza combinado

En el entrenamiento de la fuerza combinado el aumento de la fuerza es el resultado de dos procesos paralelos: la hipertrofia y la mejora de la coordinación intramuscular. Los principales métodos de este tipo son el entrenamiento piramidal (v. pág. 266) y el entrenamiento estático-dinámico.

Otros métodos indicados para el aumento de la fuerza máxima son el entrenamiento desmodrómico, el entrenamiento isométrico y la electroestimulación

Métodos para el entrenamiento de la fuerza rápida

Como ya hemos mencionado (v. pág. 219), la magnitud decisiva para el desarrollo de la fuerza rápida es el desarrollo específico de las fibras II b –las más rápidas en llegar al máximo de contracción, que generan además más fuerza que los demás tipos de fibras.

La *fuerza rápida* depende de la *coordinación intermuscular*, pero también, y en mayor medida, de la *coordinación intramuscular*, de la *velocidad de contracción* y de la *fuerza de contracción* de las fibras musculares activadas (v. pág. 218 s.). La *coordinación intermuscular* se mejora con el correspondiente entrenamiento de técnica específico de la modalidad; la *coordinación intramuscular* y la *velocidad de contracción* se optimizan a través de un entrenamiento con ejecuciones dinámicas y máximas de fuerza explosiva, para lo cual disponemos de los siguientes métodos: formas de entrenamiento *excéntricas*, *pliométricas* y *contrarias* (v. pág. 263). La fuerza de contracción de las fibras musculares participantes y por tanto su diámetro, sobre todo en las fibras IIb, se mejoran sobre todo con el método de repeticiones de fuerza máxima.

En la periodización anual se comienza en la *pretemporada* con la consolidación del nivel de fuerza máximo (como requisito necesario); posteriormente, en la transición hacia el *período de competición*, este potencial de fuerza en bruto se optimiza en el sentido de la coordinación intramuscular e intermuscular.

Métodos para el entrenamiento de la resistencia de la fuerza

El entrenamiento de la fuerza máxima desempeña un papel fundamental también en el entrenamiento de la resistencia de la fuerza: si las resistencias de carga son elevadas (superiores al 50 % de la fuerza máxima individual) el nivel de fuerza máxima será el criterio decisivo para establecer el número de repeticiones posibles; dado que todo trabajo muscular con intensidad elevada moviliza exclusivamente el suministro energético anaeróbico (en el ámbito del 50 % de la contracción máxima se produce ya una oclusión completa de los vasos arteriales y, por tanto, una interrupción del aporte de oxígeno y sustrato), la fuerza de contracción de un perímetro muscular mayor exige una carga menor de cada fibra muscular –con lo cual su capacidad anaeróbica no se agota tan rápidamente–, permitiendo así un tiempo mayor de contracción del músculo en su conjunto.

Por el contrario, con resistencias inferiores al 25 % de la fuerza máxima, el aporte energético aeróbico y, por tanto, los momentos de mejora de la capilarización, con sus fenómenos concomitantes, desempeñan un papel decisivo. Los métodos idóneos son el entrenamiento dinámico de la fuerza con un número de repeticiones máximo y el estático con tiempos máximos. Como forma de organización resulta adecuado el entrenamiento de circuito.

Principios básicos para la utilización de los diferentes métodos y contenidos de entrenamiento

Eficacia

Siguiendo a Zaciorski/Raizin (1975, 17), la eficacia de un ejercicio debe evaluarse en función de la rapidez del aumento del rendimiento y de las condiciones de transferencia a los ejercicios de competición. En este sentido observamos que existen, por una parte, ejercicios que mejoran rápidamente los valores de fuerza, pero cuya eficacia resulta relativa, pues su transformación en ejercicios de competición se produce sólo en escasa medida (p. ej., flexión en apoyo sobre las barras paralelas como ejercicio del tríceps para lanzadores de peso); por otra parte, existen ejercicios (p. ej., empuje en decúbito supino, con la espalda apoyada en el banco inclinado, igualmente como ejercicio del tríceps para el lanzamiento de peso) que proporcionan valo-

res de fuerza difícilmente modificables, pero que inciden, si su ejecución se perfecciona, en muchos sentidos sobre el rendimiento del ejercicio de competición (Zaciorski/Raizin, 1975, 20).

Especificidad

Un nivel de eficacia alto y una transferencia positiva a la competición sólo se consiguen mediante un entrenamiento específico de la fuerza, que debe ir precedido de un entrenamiento general, de consolidación.

En este sentido, la especificidad del entrenamiento de la fuerza depende de una serie de factores bastante variados.

Intensidad de la carga

Como ya hemos mencionado (v. fig. 32, pág. 78), existen diferentes tipos de fibras musculares con diferentes características morfológicas y funcionales. Se los puede clasificar en cuatro categorías, de menor a mayor velocidad de contracción y relajación y de mayor a menor capacidad de resistencia: tipos I, IIc, IIa y IIb.

Dependiendo de la forma en que se aplique un estímulo de entrenamiento de fuerza, se produce una transformación, inducida por el entrenamiento, de un tipo de fibra en el tipo contiguo, asociada a una mayor o menor actividad de la ATPasa; el fenómeno no es irrelevante, pues influye sobre las características específicas de la fuerza (cf. Tidow/Wiemann, 1993, 94). Ejemplo: si se entrena con pesos medios y velocidad de movimiento reducida, no se reclutan las fibras musculares de mayor nivel de fuerza rápida, a saber, las del tipo IIb, y disminuye la capacidad de desarrollo rápido de la fuerza. Por el contrario, si se entrena con métodos de desarrollo explosivo de la fuerza, se incide exclusivamente sobre las fibras IIb, mientras que las del tipo I no experimentan mejora de rendimiento alguna.

La especificidad con la que reaccionan las diferentes fibras musculares ante estímulos de fuerza dados –ocurre lo mismo con los estímulos de velocidad o de resistencia– se puede ver en la figura 33, en el ejemplo de las fibras IIb. En correspondencia con el estímulo de entrenamiento se produce una transformación característica de las cadenas ligeras (cf. también Rapp/Weicker, 1982, 58).

Como muestra la figura 191, un entrenamiento con pesos pesados (cerca del máximo) y otro con pesos ligeros (en torno al 30-40 % de la fuerza máxima individual) provocan síntomas de adaptación diferentes: en el primer caso, el aumento de la capacidad de rendimiento se presenta sobre todo en el ámbito de las cargas elevadas, y menos en el ámbito de la velocidad de movimiento. Si se trabaja con pesos ligeros y ejecución rápida, se mejora sobre todo este ámbito, y no el rendimiento con pesos pesados.

Velocidad de movimiento

Si el deportista mueve los pesos óptimos para su composición de fibras con velocidad menor que la máxima, se activan e hipertrofian sobre todo las unidades motoras lentas. En este caso aumenta, según Tihanyi (1987, 43), la re-

sistencia interna de las fibras rápidas durante las contracciones rápidas, un efecto que se debería evitar.

Las repeticiones de fuerza explosivas producen además (como acabamos de exponer y hemos mencionado ya, v. pág. 257) un orden de inervación diferente del desarrollo

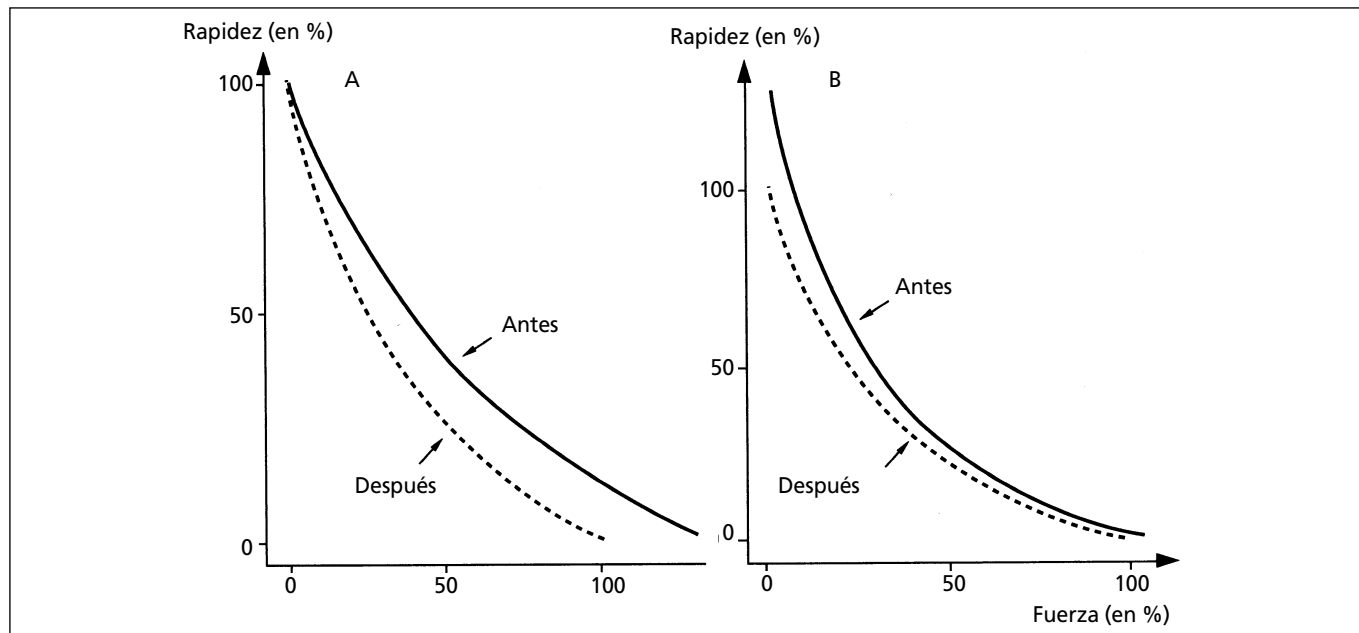


Figura 191. Representación esquemática de los procesos de adaptación específicos en la relación fuerza a velocidad después de un entrenamiento con pesos pesados (A) y ligeros (30-40 % del máximo), movidos con velocidad máxima (B) (modificado de Duchateau, 1993, 28)

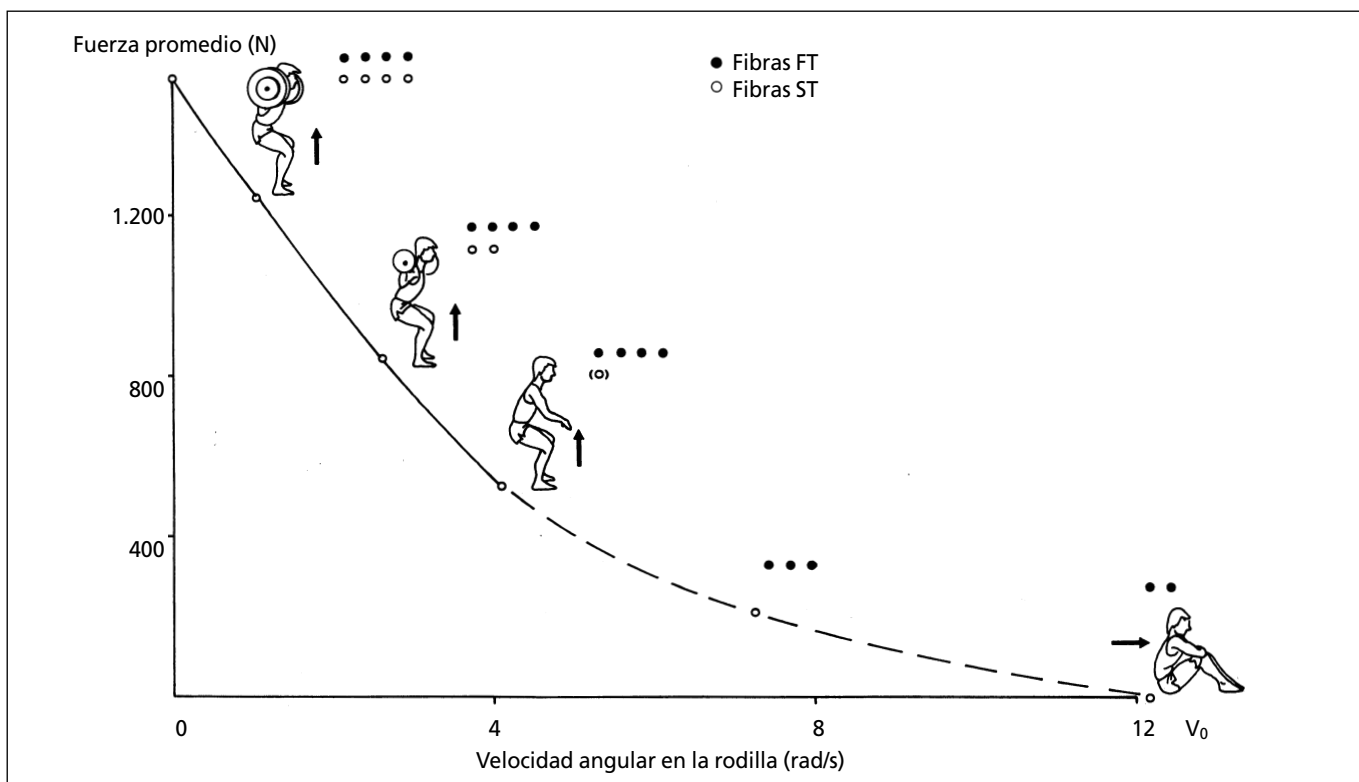


Figura 192. La sollicitación de los diferentes tipos de fibras musculares (ST = fibras de contracción lenta, de tipo I, y FT = fibras de contracción rápida, de tipo II) dependiendo de la velocidad de movimiento (de Bosco, 1985, 20).

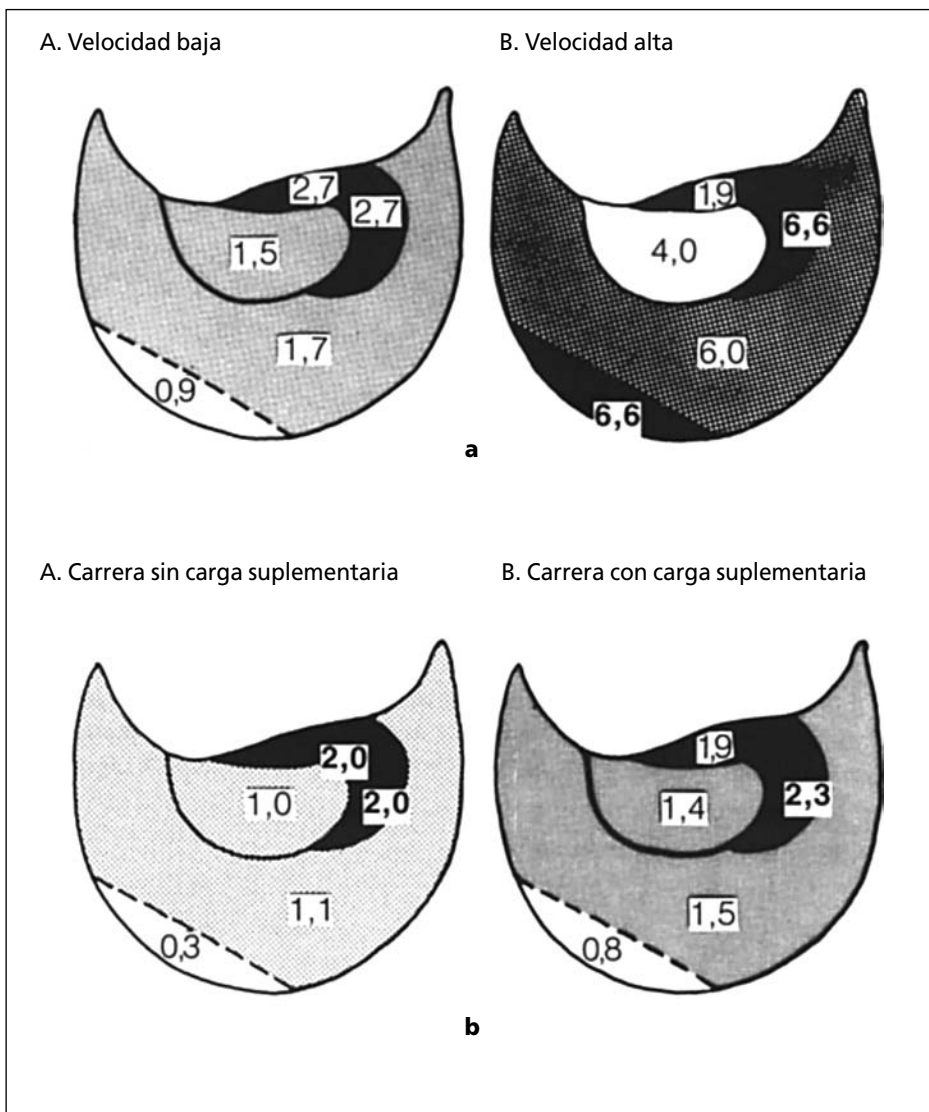


Figura 193. Diferencias en la degradación del glucógeno (expresada en mmoles de unidades de glucógeno/kg/min) en el triceps sural, con diferentes velocidades de carrera (A) y en carreras con y sin carga suplementaria (24 % del peso corporal) (B). Determinación del contenido de glucógeno mediante biopsia muscular (de Armstrong y cols., 1983, 778/779).

progresivo de la fuerza. Así pues, dependiendo del perfil de exigencias de cada modalidad, debe entrenarse de forma adecuada al movimiento. Como se puede ver en las figuras 192 y 193, en función de la velocidad de movimiento y de la cuantía de los pesos suplementarios se produce una inervación intracoordinativa e intercoordinativa diferente y un desgaste anatómo-bioquímico también distinto. Además, si en determinadas circunstancias no se trabaja con la mayor velocidad de movimiento posible, se perfecciona un programa temporal erróneo (v. pág. 218; cf. también Kanehisa/Miyashita, 1983, 104).

Ángulo de trabajo

El máximo de fuerza referido a la posición angular entre brazo y antebrazo se sitúa, como ha constatado Hettin-

ger (1966, 20), entre los 80° y los 100° aproximadamente (fig. 194).

Como se puede ver en los estudios de Thépaut-Mathieu/Van Hoecke/Maton (1988, 1500 s.), los mayores aumentos de la fuerza se producen siempre en los ángulos en los que se ha entrenado (v. fig. 195).

No obstante, se observa también que, en determinados ángulos, el entrenamiento produce un buen desarrollo conjunto y simultáneo de la fuerza en los ámbitos contiguos. Zaciorski/Raizin (1975, 19) han podido mostrar que el efecto de los ejercicios de entrenamiento en un ángulo de 70° en la articulación de la rodilla (flexión profunda) es mayor en los ángulos de trabajo de 50°, 70°, 90° y 110° que en los 130°; inversamente, el efecto del trabajo en este último ángulo es mayor sobre el rendimiento en los ángulos de 130° y de 150°.

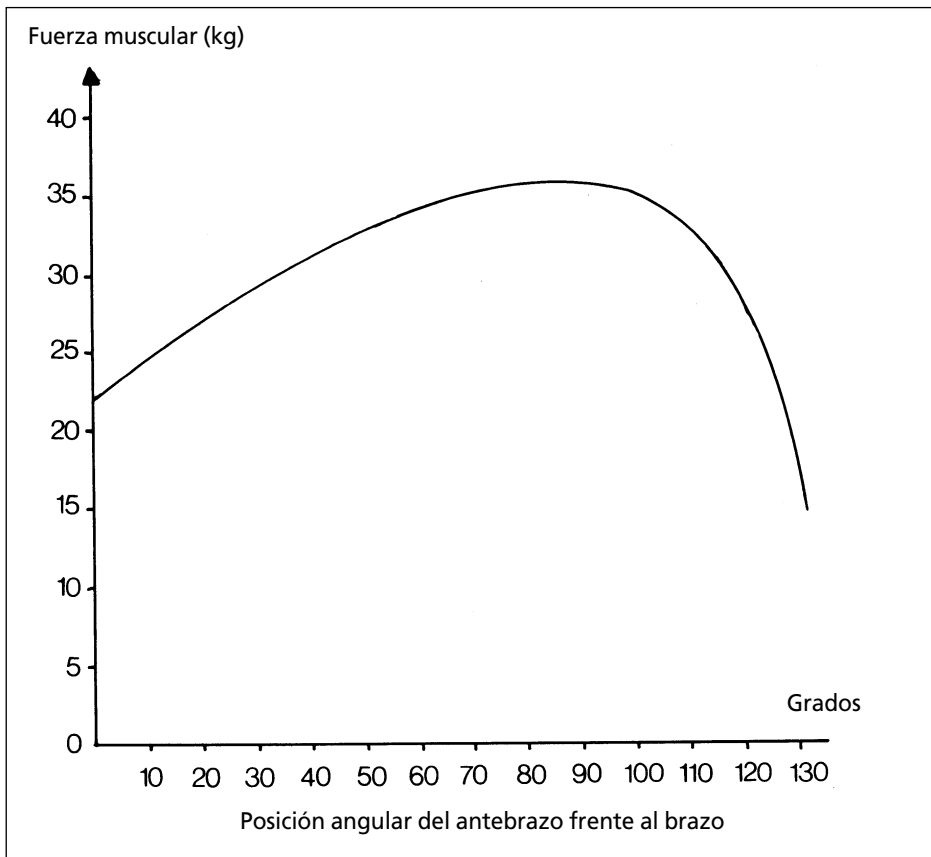


Figura 194. Fuerza de los flexores del antebrazo dependiendo de la posición angular del brazo (de Hettinger, 1972, 51).

A la hora de elegir el ángulo de entrenamiento deberíamos optar por la posición angular que se corresponda con la posición de partida de un movimiento deportivo (p. ej., posición de salida en la carrera de esprint, en el momento de “listos”) o que muestre las mejores posibilidades de transferencia a las demás posiciones angulares.

El hecho de que la fuerza, y por tanto también su incremento, no discorra de forma absolutamente lineal en función de la posición angular de los miembros entre sí tiene que ver sobre todo con los cambios en las condiciones de palanca, y con el hecho de que en las diferentes posiciones angulares se utilizan diferentes zonas de un mismo músculo o incluso diferentes músculos (v. también Weineck, 1986, 61).

Forma de contracción (método de entrenamiento)

Si se entrena según un método de entrenamiento dado, los valores obtenidos en los tests posteriores muestran siempre el mismo resultado: el mayor aumento de la fuerza se observa siempre en el test cuyo método más se parece al método de entrenamiento en cuestión (cf. Marini/Van Hoecke/Mathieu, 1984, 55; Lindh, citado en Duchateau,

1993, 25). De ello se deduce que las cargas específicas de los diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza adaptan el sistema neuromuscular siempre de una forma característica.

Sustrato anatómico (músculos activos)

En un análisis anatómico preciso se puede ver que unos movimientos aparentemente comparables de modalidades distintas (como carrera, patinaje de velocidad o esquí de fondo) sobrecargan los diferentes grupos musculares de formas muy diferentes. Por ejemplo, en estudios de la actividad muscular efectuados en hockey sobre hielo, se constató que el grupo muscular más solicitado en el entrenamiento habitual de la fuerza –tomado “en préstamo” del entrenamiento del atletismo–, a saber, el gastrocnemio (responsable de la extensión explosiva del pie), tiene una importancia secundaria para la capacidad de rendimiento específica de esta modalidad.

En el entrenamiento de la musculatura de la pantorrilla interesa más centrar el trabajo en el sóleo y el tibial, con un ángulo de rodilla entre los 115° y los 140° aproximadamente. También se debería prestar más atención al trabajo de abductores y aductores, que presentan una actividad

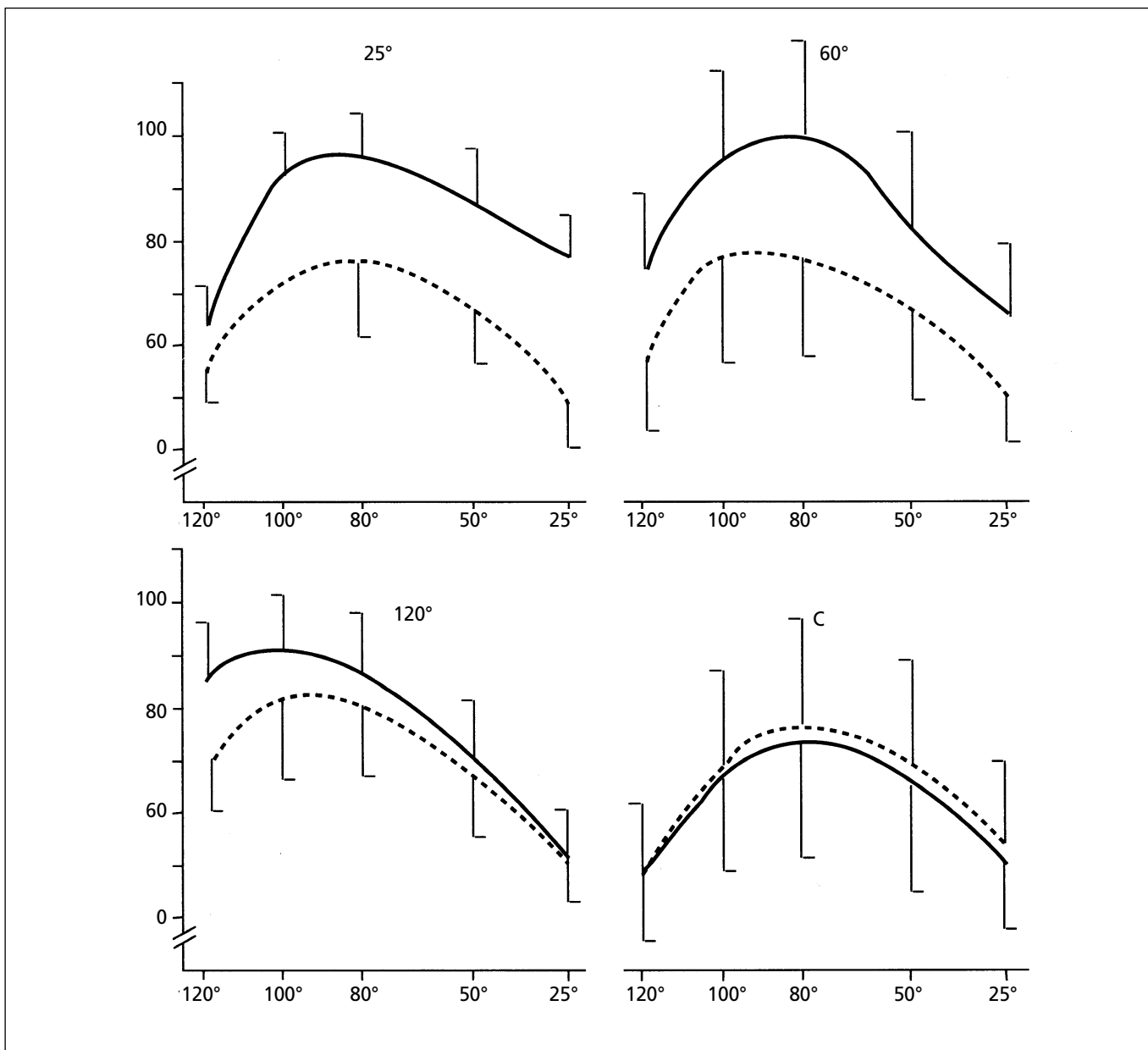


Figura 195. El desarrollo de la fuerza de flexión del brazo después de un entrenamiento con diferentes ángulos de trabajo: 25°, 80° y 120°; C = grupo de control. Línea de puntos = fuerza antes del entrenamiento; línea continua = fuerza después de un entrenamiento isométrico de 5 semanas (modificado de Thépaut-Mathieu/Van Hoecke/Maton, 1988, 1504).

muy elevada en hockey sobre hielo y son descuidados normalmente en el entrenamiento (cf. Glutz/Bechler, 1992, 17).

Para entrenar los grupos musculares de la forma más específica posible en relación con su sustrato anatómico, la elección de los ejercicios debería buscar la mayor proximidad espacio-temporal posible con el ejercicio de competición.

Aclaremos esto con un ejemplo: un ejercicio utilizado muy a menudo en lanzamiento de peso, el “empuje en decúbito supino”, no carga la musculatura utilizada al lanzar el peso de una forma suficientemente específica para la competición; esto se debe a la posición de los brazos (en ángulo recto en relación con el tronco) y de los dedos (dirigidos hacia arriba). Sería mejor, por una parte, efectuar el “empuje apoyando la espalda en banco inclinado” –se aproxima la postura del brazo al ángulo de lanzamiento–, y utilizar por otra parte una haltera que permita una posición de las manos con los dedos señalándose mutuamente

(como ocurre con la mano de trabajo en el momento del lanzamiento). Finalmente, una conducción conveniente de la haltera debería permitir un movimiento explosivo final de presión con las articulaciones de la muñeca y los dedos.

Especificidad de la disciplina

La capacidad de los movimientos articulares de trabajar en una forma específica de la disciplina se debería desarrollar en todas las modalidades de la forma más selectiva y eficaz posible. Sólo así se puede, según Bartonietz (1992, 9), mantener las adaptaciones indeseadas del aparato locomotor (inevitables si nos desviamos respecto del ejercicio estrictamente de competición) dentro de unos límites que permitan su eliminación en las siguientes etapas de entrenamiento.

A modo de resumen podemos enumerar una serie de puntos que ilustran un principio básico de la metodología del entrenamiento: “deducir la estructura del entrenamiento a partir de la estructura del rendimiento de competición”.

La eficacia de un entrenamiento de la fuerza específico se basa en:

- El principio del desarrollo preferente de los grupos musculares específicos de la modalidad, teniendo en cuenta las posiciones angulares típicas de la modalidad.
- El principio de la coincidencia dinámica entre ejercicio de entrenamiento y ejercicio de competición.
- El principio de la coincidencia en la forma de contracción neuromuscular entre ejercicio de entrenamiento y ejercicio de competición.
- El principio del aprovechamiento de la dirección de incidencia estructural-motora (biomecánica) de los ejercicios del entrenamiento de la fuerza (cf. también Bartonietz, 1992, 13).
- El principio de la consideración del nivel individual de las capacidades físicas y destrezas deportivo-técnicas.
- El principio del desarrollo simultáneo de *todas* las características motoras relevantes para el rendimiento.

Variabilidad

El proceso de diferenciación y especialización conlleva el riesgo de la unilateralidad y por tanto de la monotonía; por ello necesitamos configurar el entrenamiento de una forma amena. Las variaciones de la configuración de la carga se necesitan también para evitar pérdidas de eficacia

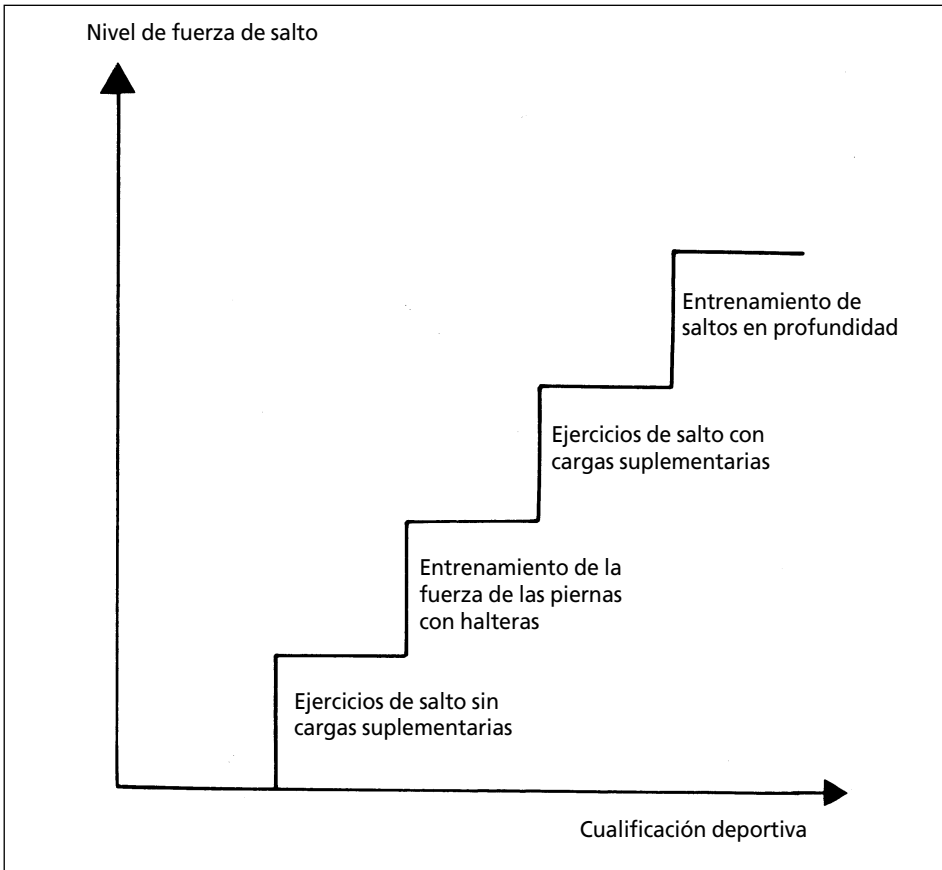


Figura 196. Esquema para visualizar el principio del orden escalonado de los medios de entrenamiento para desarrollar la capacidad de salto en el proceso de entrenamiento a lo largo de los años.

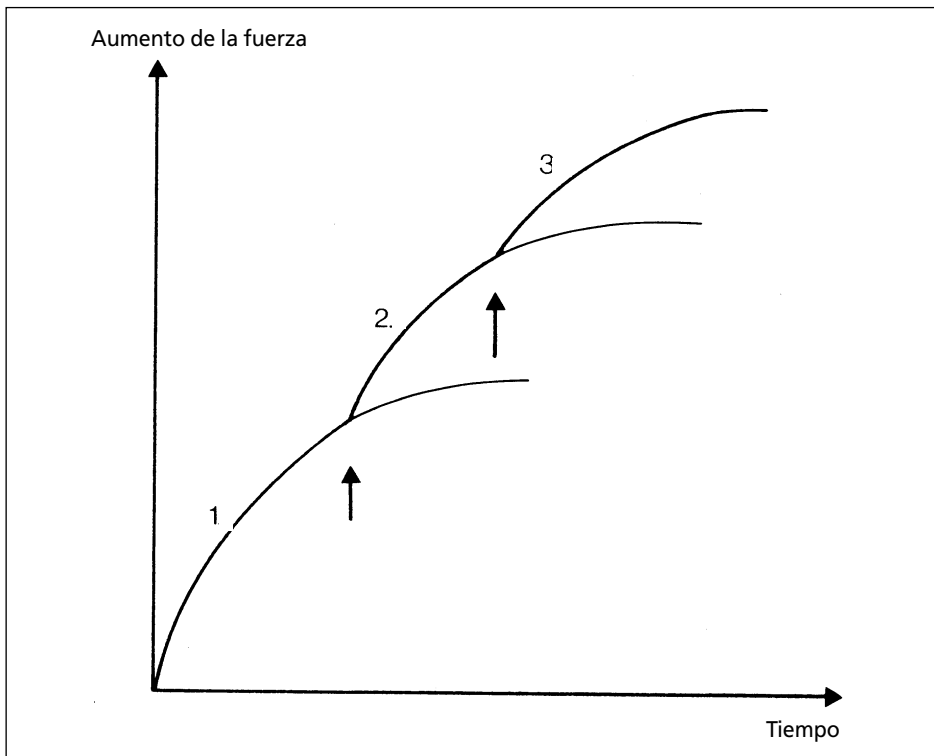


Figura 197. Aumento de la fuerza mediante cambio del método de entrenamiento (1 = entrenamiento dinámico, 2 = isométrico, 3 = electroestimulación).

debidas a la adaptación del sistema neuromuscular a magnitudes, formas y métodos de carga que se mantienen constantes durante años (cf., entre otros, Harnes, 1974, 1056; Bondartschuk, 1975, 1316; Tschiene, 1975, 12; Vorobieva/Vorobiev, 1978, 148).

Distinguimos entre variación a largo y a corto plazo (v. Tschiene, 1975, 12 s.).

Por variación *a largo plazo* entendemos el cambio del tipo y del método de carga predominante en el proceso de entrenamiento plurianual, o en los macrociclos (v. pág. 321) de la preparación del deportista para el alto rendimiento (fig. 196).

Por variación *a corto plazo* entendemos el cambio de la carga dentro de una sesión o de un ciclo de entrenamiento.

Dentro de la *variación a corto plazo* tenemos distintas posibilidades de variación:

- Variación de las magnitudes de carga.
- Un cambio de carga brusco con cargas submáximas, extensivas, intensivas y máximas debería estimular la disposición del músculo a reaccionar (Tschiene, 1975, 15). Sin embargo, una organización variada de la carga no excluye completamente el principio de progresividad: éste se aplica mediante cargas adecuadas, acordes con las posibilidades del deportista (Vorobieva/Vorobiev, 1978, 149/150).
- Variación de los métodos de entrenamiento (cf. al respecto pág. 253 s.).

La figura 197 nos muestra la dinámica del aumento de la fuerza mediante *cambio de los métodos de entrenamiento*. Slobodjan (citado en Vorobieva/Vorobiev, 1978, 148) y Pletnjov (1977, 12) han podido mostrar en sus experimentos que el aumento de la fuerza muscular era mayor aplicando en el entrenamiento formas diferentes de trabajo muscular (dinámico, estático, pliométrico, o bien de superación, de fijación y de frenado) que aplicando una única forma de trabajo.

• Variación de los ritmos de ejecución

En una ejecución combinada del ejercicio con diferentes ritmos de carga (medio, lento, rápido) se consigue un mayor aumento de la fuerza muscular que en una ejecución con ritmo único (Lelikov, citado en Vorobieva/Vorobiev, 1978, 148).

El fenómeno se explica de la forma siguiente: la velocidad de movimiento determina de forma sustancial el tipo de fibras musculares sobre las que incide mayoritariamente el entrenamiento: los movimientos lentos (y el trabajo estático) hacen trabajar sobre todo las fibras ST, y los movimientos explosivos sobre todo las FT (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 236; Bührle/Schmidbleicher, 1981, 24; Costill, citado en Cometti, 1988c, 18; Tidow/Wiemann, 1993, 94). Así pues, un entrenamiento que utilice velocidades y modalidades de carga diferentes someterá a desgaste a todas las fibras musculares y mejorará la fuerza global.

• Continuidad

Como muestra el entrenamiento actual de los deportistas de elite en las modalidades que dependen de la fuerza (p. ej., saltos y lanzamientos en atletismo), el trabajo de la fuerza tiene que tener su sitio en la planificación a lo largo de todo el ciclo anual, con volúmenes y con intensidades diferentes. Durante el período de competición se necesita también entrenamiento de la fuerza, entendido como *entrenamiento de conservación* del nivel de fuerza adquirido.

Fatiga y recuperación en el entrenamiento de la fuerza dinámico y estático

Para garantizar un entrenamiento de la fuerza óptimo necesitamos conocer en detalle los parámetros específicos de carga y de recuperación. Los descansos demasiado bre-

ves o largos producen, en determinadas circunstancias, efectos de entrenamiento no deseados en relación con la fuerza rápida, la resistencia de fuerza y la fuerza máxima.

Como se puede ver en la figura 198, la aparición de la fatiga y la consiguiente pérdida de fuerza se produce con diferente velocidad en función de que el trabajo muscular sea dinámico (auxotónico) o estático (isométrico). La gráfica muestra que la caída de fuerza con trabajo muscular isométrico no sólo es más rápida, sino también mucho más pronunciada que con trabajo auxotónico.

En la fase de recuperación obtenemos asimismo recorridos diferentes de la fuerza para el trabajo muscular isométrico y para el auxotónico (fig. 199). Aquí las curvas de la recuperación muestran una fase muy rápida y otra lenta de retorno de la fuerza a un valor por debajo de la fuerza inicial; los procesos de recuperación con trabajo dinámico discurren de forma considerablemente más rápida que con trabajo estático.

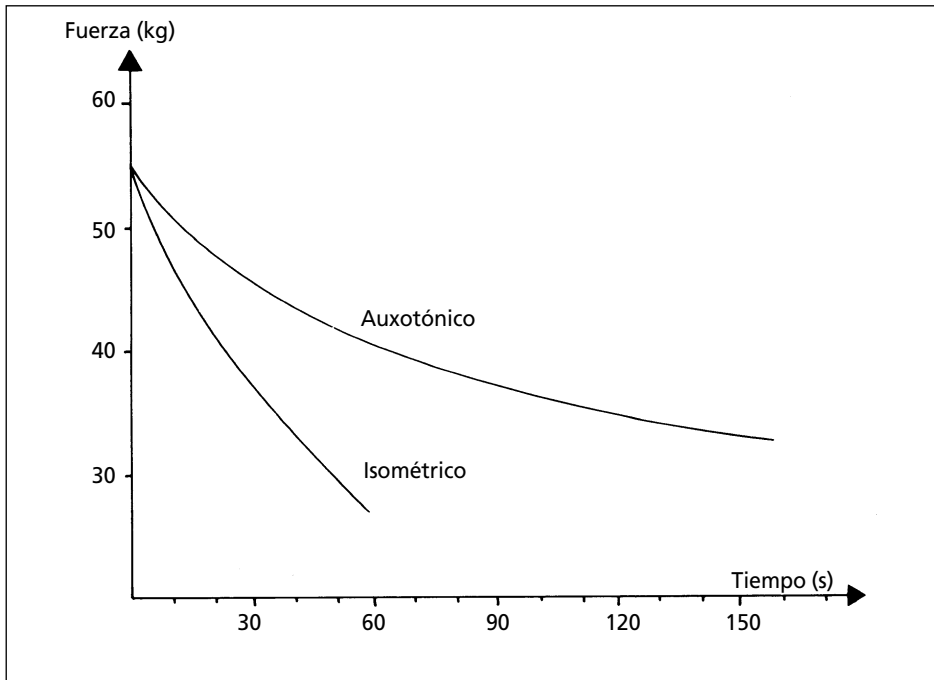


Figura 198. Curvas de fatiga con trabajo dinámico y estático (de Stull/Clarke, 1971, 136).

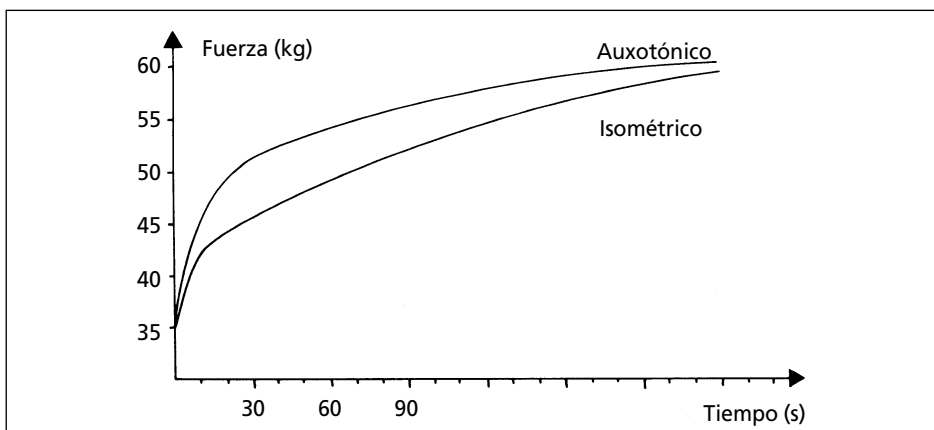


Figura 199. Curvas de recuperación con trabajo dinámico y estático (de Stull/Clarke, 1971, 137).

Nivel de rendimiento	Tiempo de recuperación entre las series	Tiempo de recuperación entre las sesiones de entrenamiento
Principiantes	2-5 min	12-18 horas
Deportistas de rendimiento o de alto rendimiento	1-2 min	3-6 horas

Tabla 36. Los tiempos de recuperación en el entrenamiento de la fuerza en diferentes niveles de rendimiento (de Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 44)

Con cargas breves y máximas de fuerza rápida se produce una caída del ATP, el producto energético inmediato. Su resíntesis tiene lugar sobre todo a través de las reservas de fosfocreatina. El tiempo de regeneración se sitúa entre 1 y 3 minutos aprox. (cf. Mader y cols., 1983, 14 s.).

La tabla 36 ofrece valores que consideramos orientativos en el ámbito de la recuperación.

Tests de fuerza y ejercicios de control para el diagnóstico del rendimiento y la organización del entrenamiento

Fundamentos generales

La problemática de los tests en general, formulada por Sass (1985, 337), afecta también los tests de la fuerza. Como los tests se suelen efectuar en condiciones próximas a las de laboratorio, aisladas del acontecer deportivo propiamente dicho, su utilización conlleva siempre una considerable limitación: la desmembración de la actividad deportiva propiamente dicha en componentes parciales, separados del acontecer deportivo *stricto sensu*. Este fraccionamiento resulta inevitable, y por ello la persona que evalúa deberá tener claros los límites del valor informativo del test para el rendimiento deportivo, evitando así conclusiones precipitadas o incluso erróneas. No obstante, para registrar los progresos del rendimiento en el proceso de entrenamiento conviene efectuar tests sobre componentes parciales de la capacidad de rendimiento deportivo. Nos limitamos aquí a advertir del riesgo de sobrevalorar los resultados del test (v. también pág. 51).

Tipos de tests . Modalidades de ejecución. Tablas de evaluación

Dentro de los tests distinguimos entre tests de laboratorio y tests de campo, y entre tests generales y específicos

de la modalidad. Como ejemplo de un test específico del fútbol podríamos mencionar, por ejemplo, el test de fuerza de tiro.

Distinguimos además entre tests *estáticos* y *dinámicos*, hecho relevante sobre todo en el ámbito de la fuerza. En este contexto hemos de tener en cuenta que:

- Los *tests de fuerza estáticos* reducen la influencia del factor intermuscular, de modo que la fuerza muscular mensurable depende fundamentalmente del número, del grosor y del estiramiento previo de las unidades contráctiles, y también de su capacidad de activación (cf. Beneke y cols., 1990, 165).
- En los *tests de fuerza dinámicos* crece la influencia de la coordinación intermuscular –nos referimos al funcionamiento combinado de los músculos participantes en el movimiento (agonistas y antagonistas)– dependiendo de la complejidad y velocidad de ejecución del ejercicio del test (cf. Bührle/Schmidtbleicher, 1981, 11; Hollmann, 1987, 405).

La idoneidad de los diversos procedimientos de test y de control depende de que se trate de la fuerza máxima, de la resistencia de fuerza o bien de diferentes capacidades de fuerza específicas de la modalidad, como la fuerza de tiro o de lanzamiento.

Tests de fuerza máxima

Procedimientos de tests dinámicos

Los tests de fuerza máxima dinámica con cargas de haltera no son habituales en la práctica deportiva normal. La única excepción la constituye la flexión de rodilla con peso de haltera máximo para calcular la fuerza de extensión de la pierna. La causa de que casi no se practiquen es que el riesgo de lesiones es relativamente alto (sobre todo con una realización inadecuada, técnicamente poco limpia, v. pág. 300).

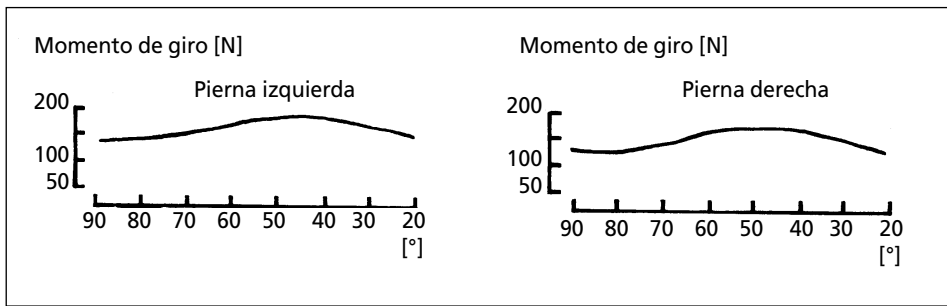


Figura 200. Curva de fuerza del extensor de la rodilla en diferentes posiciones angulares (cf. Baron y cols., 1989, 208).

Un ejercicio de este tipo, con carga sobre todo de la columna vertebral, debe evitarse en niños y, en la mayoría de los casos, también en jóvenes: el aparato locomotor infantil y juvenil no posee la capacidad para asumir carga mecánica que tiene el del adulto por encontrarse aún abiertas las uniones cartilagosas del crecimiento y debe, pues, ser protegido de las lesiones por sobrecarga. En el deporte juvenil de alto rendimiento la fuerza máxima puede estimarse mediante el número de repeticiones.

Ejemplo: si un ejercicio permite diez repeticiones, con él se consigue el 70 % del rendimiento máximo (cf. pág. 267). A partir de este dato se puede calcular, sin gran precisión, el rendimiento al 100 %. En un ámbito superior de rendimiento, en el deporte profesional, disponemos en la actualidad de aparatos de entrenamiento isocinéticos de funcionamiento eléctrico (p. ej., el aparato de fuerza de Schnell o los aparatos de la casa Cybex), que ofrecen un doble uso como aparatos de entrenamiento de la fuerza y aparatos de test.

Estos aparatos permiten determinar valores de fuerza estáticos y dinámicos (fuerza máxima, impulso de la fuerza, curva de fuerza rápida) en diferentes posiciones angulares, calculan la relación entre peso corporal y fuerza máxima e informan sobre las condiciones de la fuerza de los músculos flexores y extensores (v. pág. 285) y sobre las diferencias de fuerza entre el lado izquierdo del cuerpo y el derecho (cf. también Krüger, 1986, 41/42; v. pág. 285). Así pues, nos permiten calcular, con gran exactitud y con buenas posibilidades de reproducción, la fuerza máxima en diferentes niveles de velocidad y en diferentes posiciones angulares (fig. 200).

En caso de necesitarse, se puede también calcular de forma separada la fuerza dinámica positiva (de superación) o negativa (de frenado), de forma que estos datos cuenten para la evaluación del rendimiento (v. fig. 206). Un deportista puede perfectamente mostrar por separado una elevada capacidad de rendimiento dinámico positivo o negativo, sin que ambos valores coincidan. Un entrenamiento específico puede corregir situaciones de este tipo en el sentido de un desarrollo global armónico.

Procedimientos de tests estáticos

1. Fuerza de las piernas

La medición más habitual y exacta de la fuerza máxima es el cálculo de la fuerza máxima isométrica en una o varias posiciones angulares. No obstante, presenta un inconveniente: la fuerza sólo se puede calcular en movimientos de una articulación (p. ej., extensión o flexión de la rodilla, etc.) y no en la cadena de movimientos característica de la modalidad. No obstante, este procedimiento es una herramienta de valía demostrada para evaluar el nivel general de fuerza de las piernas.

Atención. Los valores de medición y los datos numéricos de los diferentes aparatos pueden divergir considerablemente. Por ello las comparaciones interindividuales sólo tienen sentido con valores de medición del mismo producto.

Con un buen estado de entrenamiento de la musculatura del muslo, la curva de fuerza debería presentar, según Baron y cols, (1989, 210), valores elevados por todo el ámbito del movimiento (90°-20°), sin picos de fuerza. Los picos de fuerza elevados, un ascenso y una caída pronunciados, son indicio de un entrenamiento específico en un ámbito angular circunscrito.

Otro factor informativo importante en estas máquinas de entrenamiento o de medición de la fuerza reguladas por ordenador consiste en la posibilidad de detectar, mediante comparación de los valores medidos en extensores y en flexores de la rodilla, los llamados “desequilibrios musculares”, y por tanto de evitarlos en el sentido de una profilaxis de las lesiones (v. pág. 303). También se puede efectuar mediciones comparativas mediante el dinamómetro, como las que se utilizan desde hace ya tiempo en la medicina del deporte para determinar la fuerza máxima isométrica (cf. Brenke/Dietrich, citado en Lehmann, 1991, 18) (fig. 201).

Si bien varios estudios muestran el ascenso paralelo de la capacidad de rendimiento deportivo y de los valores de fuerza, nuestros propios estudios (cf. Grützner/Weineck, 1988, 115) indican que, en casos concretos, los valores de fuerza máxima en deportistas menos cualificados pueden equivaler o incluso superar a los de deportistas más cualificados. La tabla 37 contiene los valores de fuerza máxima de los extensores de la pierna de jugadores de un equipo aficionado y de otro de la Bundesliga, en comparación con otras modalidades de equipo e individuales de diferente nivel.

2. Fuerza del tronco

Al igual que la fuerza máxima de las piernas, la fuerza de los músculos del tronco se puede calcular mediante procedimientos de medición isométricos específicos (cf. Tauchel/Bär, 1989, 203) (fig. 202). Como se puede ver en la figura 203, los valores absolutos de la fuerza del tronco dependen de la estatura y del peso corporal.

El diagnóstico del nivel general de fuerza del tronco y de la relación entre fuerza muscular del abdomen y de la espalda –se considera idónea la relación 1 : 1 (cf. Tauchel/Bär, 1989, 203)– informa al entrenador y a los deportistas sobre la eficacia del entrenamiento y pone de manifiesto las posibles carencias.

Procedimiento de test basado en la tomografía computarizada (TC) (método indirecto)

Como indican los estudios de Schmidt y cols., (1990, 70) y Beneke y cols., (1990, 166), la tomografía computarizada permite una medición exacta de las superficies de sección transversa del músculo, permitiendo así la determinación indirecta de la fuerza de una manera precisa. Mediante la tomografía computarizada podemos registrar

con exactitud el efecto de los diferentes métodos de entrenamiento orientados selectivamente hacia el aumento de la masa muscular y de la fuerza rápida.

Así, por ejemplo, en un período de 2 meses de entrenamiento de la fuerza se han podido conseguir tasas de crecimiento de la superficie del cuádriceps femoral de hasta 1.044 mm² (la superficie del cuádriceps oscila en los deportistas entre 6.409 y 9.787 mm²) (cf. Schmidt y cols., 1990, 71).

La tomografía computarizada es un procedimiento interesante también en casos de lesiones con la consiguiente atrofia muscular (pérdida de masa muscular debida a falta de movimiento o de entrenamiento): permite una definición exacta del grado de atrofia de cada músculo y, por tanto, un alto grado de selectividad en el proceso de la rehabilitación (cf. Schmidt y cols., 1990, 72).

Así pues, el deportista de rendimiento debería utilizar este método siempre que le fuera posible, pues ofrece gran precisión tanto para el control y la organización del entrenamiento como para la rehabilitación, y en comparación con las mediciones de perímetro muscular informa con detalle sobre los músculos. La ventaja de un registro óptimo y detallado de la fuerza mediante los aparatos hasta ahora mencionados tiene su contrapartida en el inconveniente de su limitada o nula disponibilidad en muchos ámbitos.

Hemos de indicar, no obstante, que en casi todas las grandes ciudades existen gimnasios o clínicas que ofrecen aparatos de medición y entrenamiento de este tipo a precios relativamente razonables. Por ello un deportista de elite debería tomar en consideración, en el sentido de la optimización del entrenamiento, los costes de un test inicial, uno intermedio y uno final, con el fin de estimar para los años siguientes el sentido y el provecho de su entrenamiento de la fuerza.

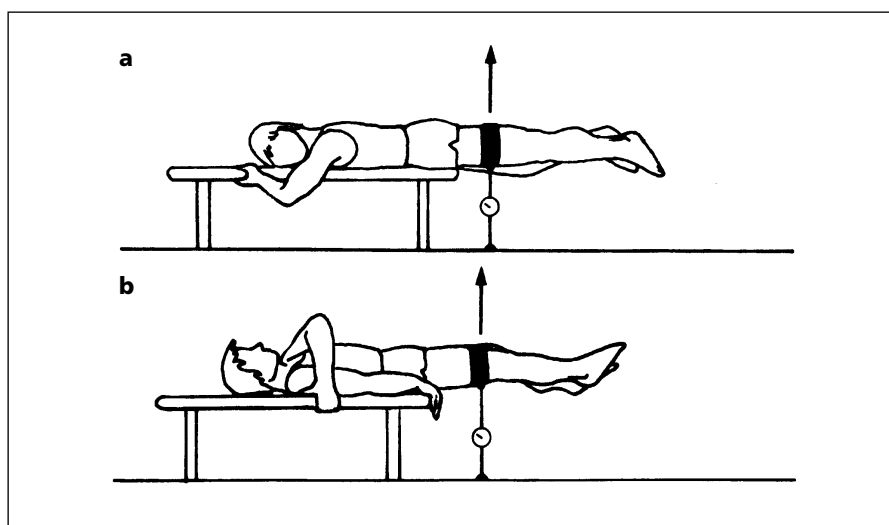


Figura 201. Procedimiento de test para calcular la fuerza estática de los músculos extensores (a) y flexores (b) de la cadera.

Fuerza máxima			
Modalidad (categoría)	Momento de giro absoluto [Nm]	Momento de giro relativo / peso corporal [Nm/kg]	Perímetro del muslo [cm]
Fútbol amateur (1ª Bundesliga)	517	5,96	57,5
Atletismo (elite regional y alemana en salto/esprint)	495	6,48	57,9
Balonmano (2ª Bundesliga)	492	5,84	56,4
Hockey sobre hielo (liga superior)	482	5,74	58
Balonmano (liga regional)	480	5,96	55,1
Baloncesto (liga regional)	452	5,39	55,6
Fútbol (liga de Baviera)	452	5,93	55,3
Fútbol (1ª Bundesliga)	427	5,69	54,6
Voleibol (liga regional)	431	5,34	55,9
Tenis (Bundesliga y liga superior)	404	5,57	54,0
Hockey (liga superior)	372	5,41	52,6

Tabla 37. Fuerza máxima isométrica de los extensores de la pierna (absoluta y relativa) en jugadores de un equipo de fútbol aficionado y otro profesional, en comparación con otras modalidades individuales y de equipo (Grützner/Weineck 1988, 115)

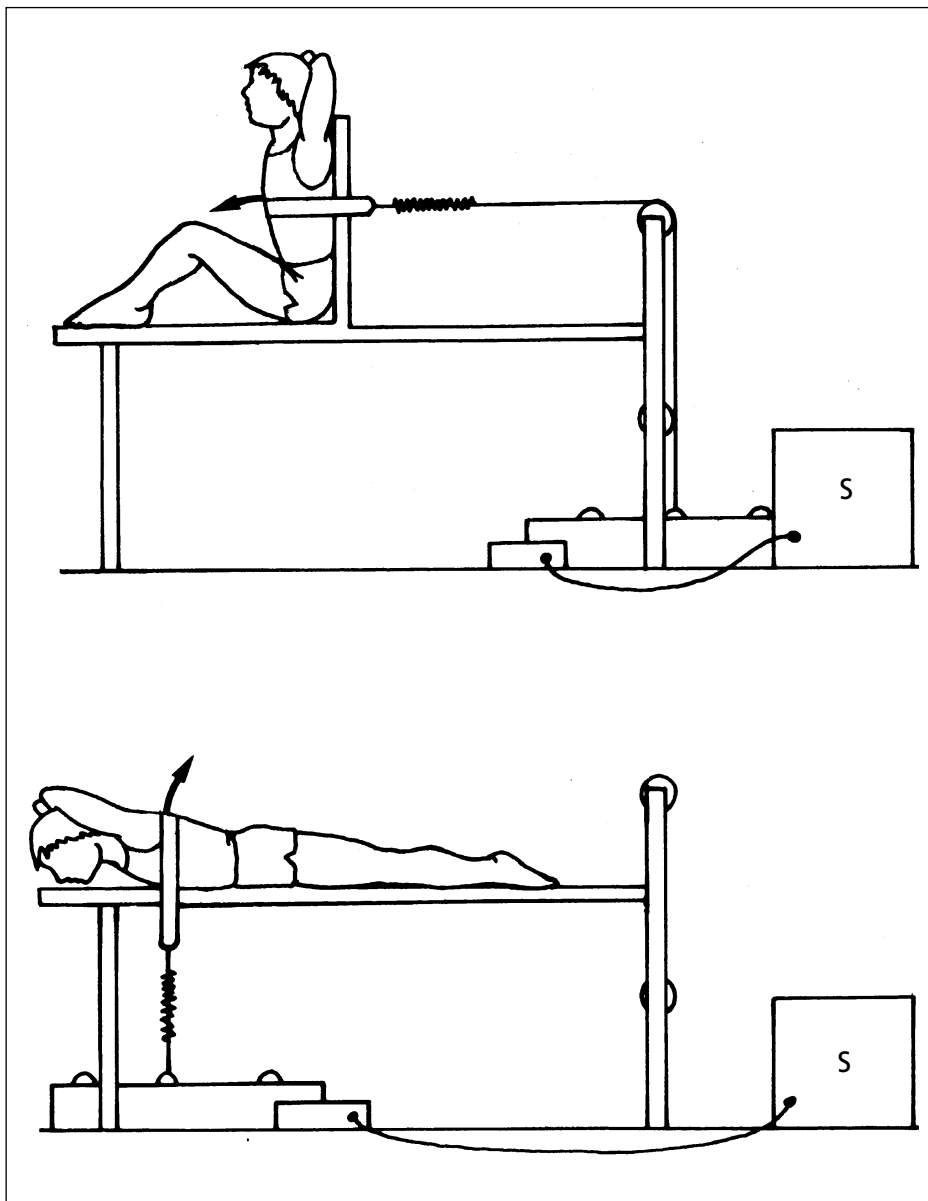


Figura 202. Medición de la fuerza de la musculatura del abdomen y de la espalda.

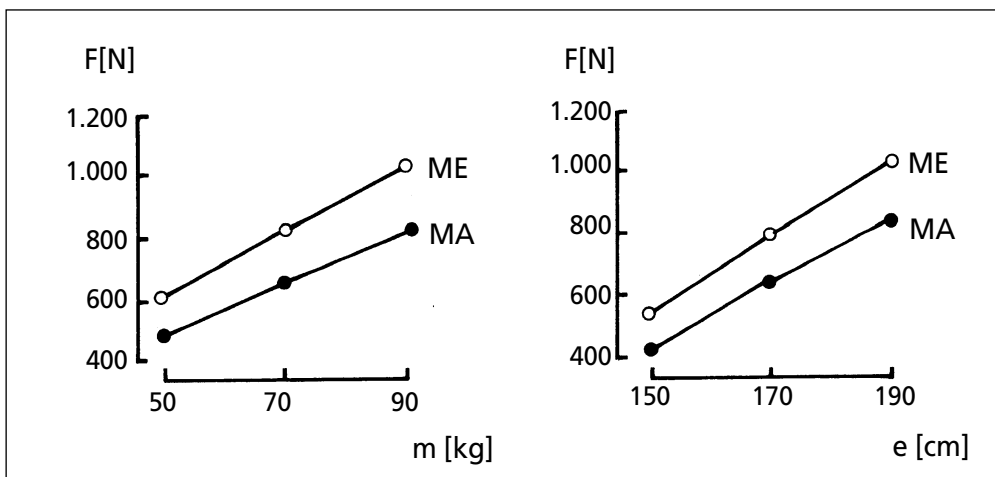


Figura 203. Dependencia de los valores de fuerza (F) de la musculatura de la espalda (ME) y del abdomen (MA) respecto de la estatura (e) y la masa corporal (m) (de Tauchel/Bär, 1989, 204).

Tests de la fuerza rápida

Dada la gran importancia de la fuerza rápida para muchas modalidades, su control mediante tests específicos es de un interés primordial para la organización del entrenamiento. El control de la fuerza rápida se puede realizar de forma sencilla e indirecta mediante diferentes tests de fuerza de salto, de lanzamiento y de esprint (v. también pág. 293).

1. Métodos sencillos para el cálculo de la fuerza rápida

a) Mediciones de tiempo

Con este método se mide, con la ayuda de un cronómetro, el tiempo necesario para un número determinado de repeticiones con un peso constante, ligero o mediano, y con una frecuencia máxima. Como período óptimo se considera un tiempo de carga de entre 10 y 15 segundos (cf. Berger, 1965, 1090). Con cargas de salto (de una o ambas piernas) se puede utilizar también el tiempo necesario para efectuar un recorrido determinado.

b) Mediciones de longitud o de altura

Con estas mediciones se calcula la fuerza rápida de forma indirecta mediante las correspondientes longitudes o alturas. Las tablas comparativas permiten estimar los rendimientos en las diferentes etapas de edad. Sobre el ejemplo del registro de la fuerza de salto, expondremos aquí brevemente el cálculo de la fuerza rápida con ayuda de estos procedimientos.

• Medición de la fuerza de salto

Midiendo saltos sencillos o múltiples se puede calcular, rápidamente y sin un despliegue especial de medios, la fuerza rápida *vertical* u *horizontal* (cf. Binz, 1985, 37; Grosser/Starischka, 1986, 64; Binz/Wenzel, 1987, 4; Faina y cols., 1988, 160; Geese, 1990, 24).

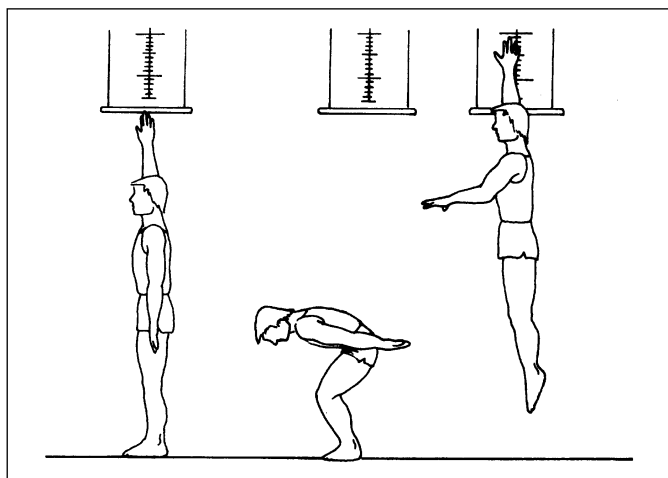


Figura 204. Realización del test "detente" (jump-and-reach).

• Cálculo de la fuerza de salto vertical mediante el salto de altura sin carrera

El registro de la fuerza de salto en vertical tiene en muchas modalidades –sobre todo en baloncesto y voleibol, pero también en fútbol y balonmano– una importancia no desdeñable para la capacidad de rendimiento individual. El entrenador tiene que compensar las carencias en este ámbito mediante un entrenamiento específico de la fuerza.

El salto de altura sin carrera puede examinarse de manera sencilla mediante la prueba conocida como *detente* (salto de diferencia; fig. 204).

La tabla 38 nos ofrece valores comparativos tomados de diferentes modalidades.

Para niños y jóvenes, Crasselt/Forchel/Stemmler (1985, 266) exponen los promedios recogidos en la tabla 39.

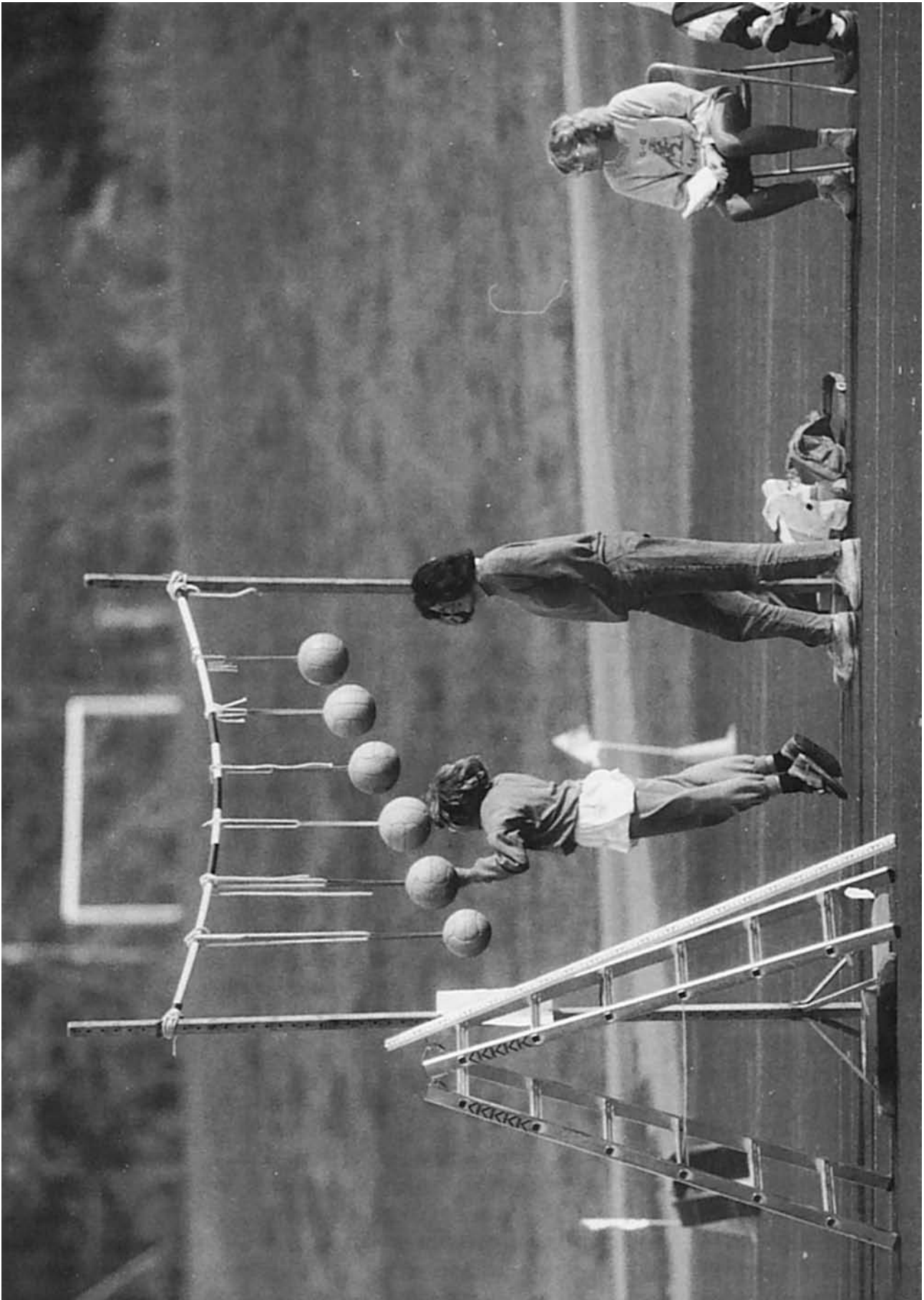
Atención. Debido al fenómeno de la aceleración secular no sólo aumentan los valores de estatura y peso de niños y jóvenes, sino también sus rendimientos de salto. Las tablas anticuadas producen a veces, con sus valores excesivamente bajos, la impresión de una capacidad de rendimiento elevada.

Con un entrenamiento de la fuerza selectivo, adecuado al niño, se puede conseguir un considerable aumento de la fuerza de salto, tanto horizontal como vertical; en paralelo a este proceso se produce una mejora de la fuerza de esprint (cf. Diekmann/Letzelter, 1987, 284; Steinmann, 1990, 337).

• Cálculo de la fuerza de salto horizontal mediante el salto de longitud sin carrera o mediante saltos múltiples

Como herramientas apropiadas para comprobar la fuerza de salto horizontal (en longitud) tenemos sobre todo el *salto de longitud sin carrera*, pues no es muy exigente desde el punto de vista coordinativo. Por el contrario, los *saltos múltiples* requieren un alto nivel en cuanto a la capacidad de equilibrio y de adaptación, y son por tanto más apropiados para una capacidad de rendimiento avanzada.

Atención. El cálculo por separado de la fuerza de salto vertical y horizontal interesa porque las dos variantes de la fuerza rápida corresponden a grupos musculares parcialmente diferentes, y tienen por tanto que entrenarse de forma diferente.





Modalidad (categoría)	Test <i>jump and reach</i> (detente vertical) [cm]	Salto de longitud desde parado [cm]
Atletismo (elite regional bávara y alemana en salto/esprint)	67,8	288
Voleibol (liga regional)	61,4	273
Balonmano (2ª Bundesliga)	61	262
Balonmano (liga regional)	59	267
Fútbol (liga de Baviera)	57,5	250
Fútbol (1ª Bundesliga)	57	248
Baloncesto (liga regional)	55,9	252
Hockey sobre hielo (liga superior)	54,3	237
Fútbol amateur (1ª Bundesliga)	53	250
Hockey (liga superior)	52,3	247
Tenis (Bundesliga y liga superior)	50,6	232

Tabla 38. Tests deportivo-motores de fuerza de salto efectuados en deportistas de diferentes disciplinas y diferentes categorías de rendimiento (Grütznert/Weineck, 1988, 106)

Chicas											
Edad [años]	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18
Estatura [cm]	18,7±4,8	21,0±4,6	23,6±5,0	25,9±5,3	27,8±5,7	30,4±5,9	32,6±6,4	32,6±6,4	34,4±6,2	35,0±6,4	35,9±5,7
Chicos											
Edad [años]	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18
Estatura [cm]	19,7±4,8	22,3±5,0	24,9±5,0	27,6±5,8	29,4±5,7	32,0±6,6	35,9±7,4	39,3±8,1	43,3±7,7	48,2±7,0	50,4±6,9

Tabla 39. Valores medios de niños y jóvenes en el salto de detente horizontal (salto de distancia) (de Crasselt/Forchel/Stemmler, 1985, 266)

• Test de salto de longitud sin carrera (fig. 205)

Atención. Se debería informar al deportista sobre la posibilidad de movimiento oscilatorio de los brazos, y –si el test se realiza por primera vez– se deberían efectuar varios intentos de prueba. En las tablas 40 y 41 se pueden ver valores comparativos en diferentes modalidades y edades.

Interesa señalar que los niños que practican un entrenamiento en atletismo al margen de la educación física de la escuela consiguen rendimientos significativamente mejores (tabla 41), lo cual debería ser, una vez más, estímulo para una formación variada en muchas modalidades.

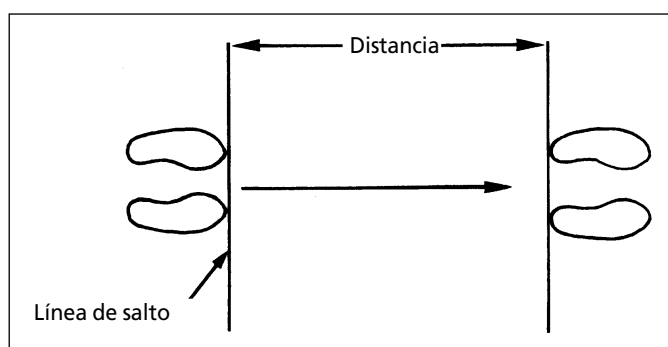


Figura 205. Test de salto de longitud sin carrera.

• Salto triple

Modalidades de ejecución (tomado de Fetz/Kornexl, 1978, 27 s.):

Planteamiento de la tarea. El deportista se sitúa con la punta del pie de la pierna de salto en la línea de salto, la pierna de impulso se encuentra por detrás, sometida a carga y en posición de paso normal. A partir de esta posición el deportista efectúa consecutivamente 3 saltos lo más lejos posible sobre la misma pierna (pierna de salto). Antes del primer salto se puede preparar el impulso, sin levantar no obstante ningún pie del suelo. Se aterriza con una o ambas piernas (a elección) sobre una superficie preparada (p. ej. colchoneta espolvoreada con magnesia), de modo que se reconozca con claridad la última pisada. El deportista dispone de tres intentos por pierna.

Valores comparativos.

Para atletas de elite se indican distancias en torno a los 10 m (cf. Tschiene, 1980); para decatletas de niveles máximo y medio, entre 9,01 y 7,73 m (cf. Filin y cols., 1979), y para estudiantes de Educación Física –comparables a deportistas de nivel medio–, distancias de $7,81 \pm 0,52$ m (cf. Schmidt/Schulz, 1983, 215). Para niños y jóvenes, Craselt/Forchel/Stemmler (1985, 262 s.) indican los promedios recogidos en la tabla 42. Para futbolistas principiantes de entre 8 y 10 años, Filin/Ismailov (1978) han calculado promedios de $4,98 \pm 0,25$ cm.

Edad [años]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17/18
H	84,5	101,4	113,6	134,5	147,4	156,5	166,9	171,7	177,0	182,8	197,2	205,9	229,8	234,7
M	-	-	103,2	123,8	134,1	143,4	163,1	165,9	174,0	180,1	180,6	171,9	182,3	181,7

Tabla 40. Promedios de salto de longitud sin carrera (en cm) en niños y jóvenes de entre 4 y 18 años (de Fetz/Kornexl, 1978, 26)

	Edad	10-11	11-12	12-13	13-14
Chicos	DeEa	172 ± 16	178 ± 14	186 ± 16	197 ± 22
	De	151 ± 22	157 ± 21	168 ± 20	178 ± 23
Chicas	DeEa	167 ± 13	179 ± 16	188 ± 15	206 ± 17
	De	151 ± 13	157 ± 18	162 ± 18	168 ± 20

Tabla 41. Niños y jóvenes y sus rendimientos en salto de altura sin carrera (en cm): De: deporte escolar; DeEA: deporte escolar y entrenamiento suplementario en atletismo; dos sesiones semanales de 90 minutos durante 6 meses (de Stork, citado en Grosser/Starischka, 1986, 67)

Edad [años]	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Chicas Número	2.788	2.935	3.261	3.291	3.213	3.213	3.128	3.070	2.775	2.746	517	207
Chicas Distancia [m]	2,68±0,61	3,26±0,57	3,66±0,57	4,04±0,59	4,37±0,60	4,66±0,61	4,91±0,61	5,07±0,61	5,16±0,63	5,21±0,63	5,10±0,59	5,13±0,54
Edad [años]	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Chicos Número	2.752	2.977	3.250	3.322	3.189	3.093	3.030	2.940	2.651	2.652	600	366
Chicos Distancia [m]	2,71±0,66	3,30±0,62	3,80±0,64	4,18±0,62	4,52±0,62	4,80±0,64	5,15±0,69	5,53±0,72	6,01±0,76	6,38±0,74	6,52±0,71	6,63±0,76

Tabla 42. Promedios de los niños y jóvenes de entre 7 y 18 años en salto triple con una pierna (de Crasselt/Forchel/Stemmler, (1985, 262 s.)

Para el cálculo de la fuerza de salto en la práctica general del deporte, los procedimientos indirectos y directos que acabamos de describir suelen ser suficientes. Existen procedimientos equivalentes para la fuerza de lanzamiento o de disparo (cf. Feustel, 1974, 33; Langhoff, 1974, 33; Letzelter, 1986, 115; Faina y cols., 1988, 160; Geese, 1990, 26; Weineck, 1992, 336 s.). En cambio, para el deporte de alto rendimiento se recomiendan procedimientos complementarios, que ofrezcan una información precisa y específica sobre diferentes parámetros de la fuerza rápida y de sus categorías subordinadas.

2. Métodos para el cálculo de la fuerza rápida con aparatos

- Cálculo de la fuerza rápida, de la curva de la fuerza rápida y del impulso de fuerza para el entrenamiento de la velocidad.

El registro o cálculo de la fuerza rápida, de la curva de la fuerza rápida y del impulso de fuerza con ayuda del aparato de fuerza de Schnell puede informarnos en detalle sobre diferentes aspectos de la capacidad de fuerza rápida de los extensores de la pierna (y de otros grupos musculares); la información puede ser de gran utilidad para la organización del entrenamiento.

a) Medición de la fuerza rápida

La medición de la fuerza rápida puede plantearse en forma absoluta –esto es, sin tomar en consideración el peso corporal– o relativa (en función del peso corporal). En todas las modalidades en las que el peso corporal propio supone un factor añadido de limitación del rendimiento (como ocurre, p. ej., en salto de altura, en gimnasia, escalada deportiva, patinaje artístico o en todas las modalidades de juego, con sus elevados requisitos de agilidad) la fuerza relativa es una magnitud decisiva para el rendi-

miento. Por el contrario, en halterofilia o lanzamiento de peso o de disco el factor decisivo es la fuerza absoluta, pues aquí una masa corporal elevada resulta ventajosa como base de aceleración.

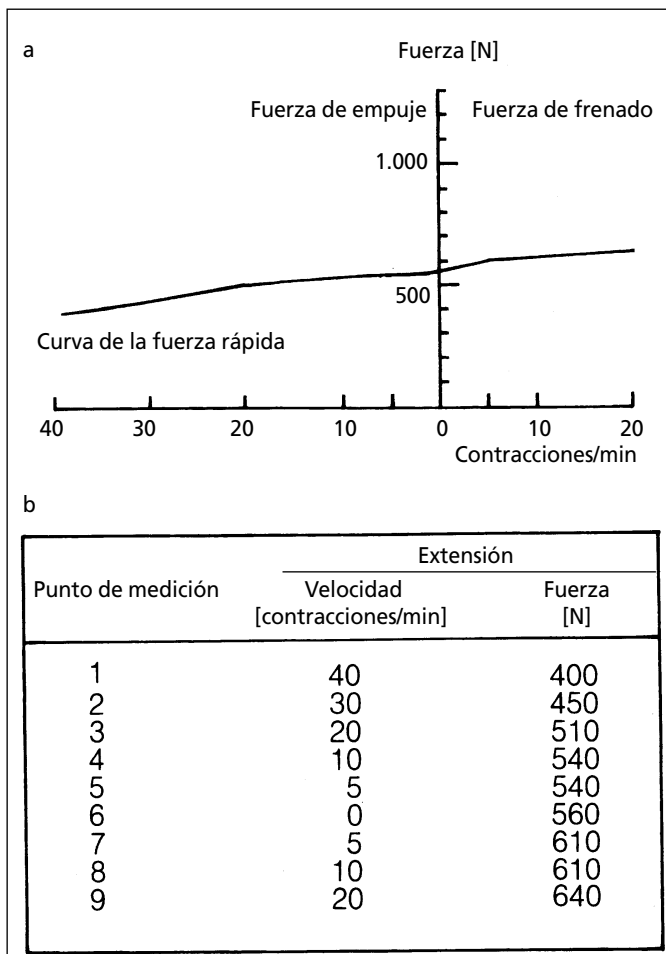


Figura 206. Curva de la fuerza rápida (a) y los diferentes valores medidos (b) en los extensores de la pierna de un esprinter de elite (10,2 s en los 100 m), con un ángulo de trabajo de 100° (de Weineck, 1990, 195).

Modalidad (categoría)	Fuerza rápida	
	Momento de giro absoluto [Nm]	Momento de giro relativo / peso corporal [Nm/kg]
Atletismo (elite regional bávara y alemana en salto/esprint)	547	7,09
Fútbol amateur (1ª Bundesliga)	503	5,77
Balonmano (liga regional)	501	6,22
Hockey sobre hielo (liga superior)	493	5,69
Balonmano (2ª Bundesliga)	489	5,88
Fútbol (1ª Bundesliga)	463	6,17
Fútbol (liga de Baviera)	433	5,68
Voleibol (liga regional)	463	5,69
Baloncesto (liga regional)	462	5,47
Tenis (Bundesliga y liga superior)	412	5,71
Hockey (liga superior)	359	5,22

Tabla 43. Valores de fuerza rápida (de los extensores de la pierna) absolutos y relativos en diferentes modalidades de equipo e individuales (Grützner/Weineck, 1988, 122)

Como se puede ver en una serie de estudios propios (cf. Grützner/Weineck, 1988, 122), los valores de fuerza rápida absolutos y relativos difieren en un grado considerable en las diferentes modalidades, lo cual se explica por motivos específicos de la modalidad, de la selección y del entrenamiento.

La tabla 43 ofrece, sobre el ejemplo de los extensores de la pierna, un resumen de los diferentes valores de fuerza rápida en las modalidades seleccionadas.

b) Cálculo de la curva de la fuerza rápida

Como se puede observar en la figura 206, el recorrido casi horizontal de la curva de la fuerza rápida en un deportista de elite es indicio de un alto nivel de fuerza en los diferentes ámbitos de la velocidad dinámica, el positivo y el negativo. Igualmente se observa la estrecha correlación entre los valores máximos de fuerza dinámica, isocinética y estática (la deducción de las magnitudes de rendimiento

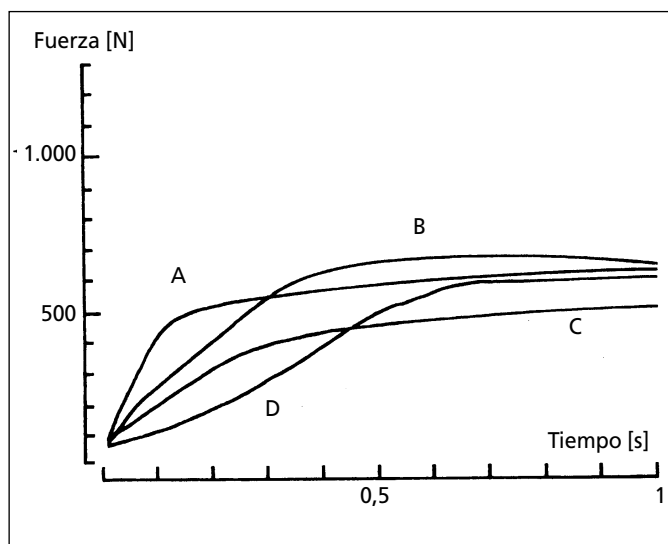


Figura 207. Curvas de impulso de la fuerza isométrica de los extensores de las piernas en cuatro futbolistas de la Bundesliga (A-D) de diferente nivel de fuerza rápida y de fuerza máxima (con un ángulo de medición de 100°) (Grützner/Weineck, 1988, 128).

balísticas a partir de las isocinéticas es de validez limitada o nula): el punto de intersección de la curva de la fuerza rápida con la vertical sobre el punto 0 es el máximo de fuerza isométrica.

c) Medición del impulso de la fuerza

Las mediciones del impulso de la fuerza permiten, mediante la evaluación de los correspondientes recorridos de la curva, calcular de forma fiable el diferente nivel de fuerza inicial y de fuerza explosiva de cada deportista.

Sobre el ejemplo de una modalidad de equipo –en este caso fútbol– se observa que incluso en jugadores del mismo nivel de rendimiento pueden existir diferencias considerables en el recorrido del ascenso de la fuerza, y por tanto un alto grado de dispersión en los valores de fuerza inicial y fuerza explosiva (cf. fig. 207).

El jugador A (de categoría internacional) presenta con diferencia la mejor fuerza inicial y explosiva, reconocible en el ascenso de la fuerza rápido y pronunciado. El jugador D necesita un tiempo sustancialmente mayor para conseguir un nivel de fuerza máxima casi similar; su fuerza inicial y explosiva es por tanto sustancialmente menor, lo cual le perjudicará con toda seguridad en salidas y en saltos. Si comparamos la curva de impulso de la fuerza del jugador A (Stefan Reuter, jugador de la selección nacional) con la de un decatleta de la elite alemana, se puede observar una similitud casi total del recorrido de las curvas, esto es, el desarrollo de las características de la fuerza rápida es igualmente notable (fig. 208a).

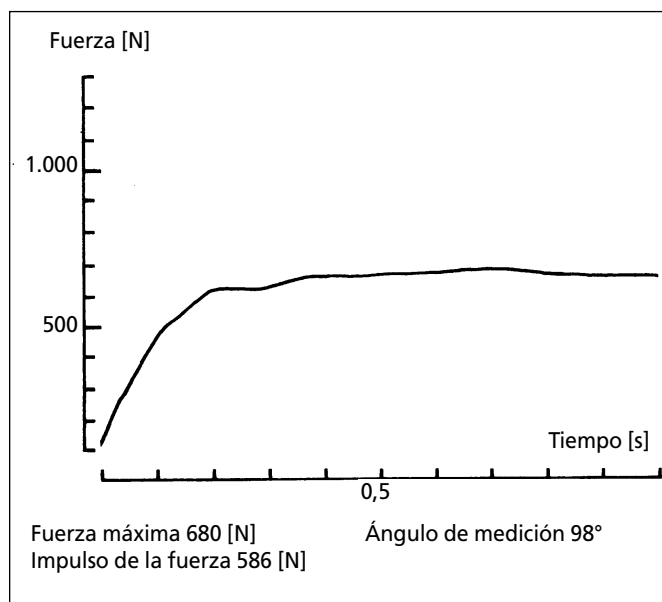


Figura 208. Recorrido del impulso de la fuerza de un decatleta de elite alemán (Grützner/Weineck, 1988, 127).

Dada la extraordinaria importancia de la fuerza de salto (como una de las categorías inferiores más importantes de la fuerza rápida) trataremos aquí con más detalle este factor parcial de la capacidad de rendimiento deportivo.

• Procedimientos para el cálculo de la fuerza de salto

Para medir la fuerza de salto –sobre todo la vertical– se ha impuesto en nuestros días el uso de la llamada “plataforma de contacto”. Mediante el registro de los tiempos de contacto cabe calcular el nivel individual de fuerza reactiva y, de forma indirecta, la altura de salto, mediante la determinación del tiempo de vuelo.

a) Cálculo del nivel de fuerza reactiva

El cálculo del nivel de fuerza reactiva interesa sobre todo en las “modalidades de salto” (gimnasia, modalidades acrobáticas de salto, salto de altura, patinaje artístico, voleibol) y en aquellas que exigen muchos cambios de dirección (como, p. ej., baloncesto, pero también balonmano y fútbol).

Como se muestra a continuación, la fuerza reactiva se puede registrar de forma relativamente sencilla comparando las alturas de salto conseguidas en *squat jump* (SJ = salto de extensión partiendo de la flexión de rodillas sin movimiento previo oscilatorio o de preparación) y en el “salto en contramovimiento” (CMJ = salto de extensión con movimiento preparatorio) con la conseguida en el salto pliométrico (*drop jump*) (precedido de una trayectoria descen-

dente) (cf. Asmussen, 1974; Bosco/Pittera, 1982, 37; Bosco, 1985; Bosco y cols., 1989, 46; Bosco, 1992, 30; Egger, 1992, 65; Bauersfeld/Voss, 1992, 30; Lehmann, 1993, 13; Théraulaz, 1993, 7 s.).

Squat jump (SJ)

El *squat jump* es un salto estático-dinámico con un componente dinámico positivo. Por su forma de ejecución solicita exclusivamente el porcentaje de contracción rápida dentro de las fibras musculares. Presenta una estrecha correlación con la prueba de *detente*, con el tiempo de sprint en las distancias de 20 y de 60 m y con la fuerza máxima en el aparato de entrenamiento isocinético con una velocidad de 4,2 rad/s (cf. Bosco, 1992, 31).

Una vez que se calcula el desarrollo de fuerza por unidad de tiempo en el *squat jump*, se puede, en opinión de Bosco (1992, 32), evaluar con relativa exactitud la composición de las fibras musculares del sujeto del test (v. fig. 208b): cuanto mayor es el componente porcentual de las fibras musculares de contracción rápida, tanto más rápido y pronunciado es el ascenso de la fuerza.

Salto en contramovimiento (SCM)

El salto en contramovimiento se diferencia del SJ, antes mencionado, por el añadido de un movimiento de preparación (incorporación del ciclo de estiramiento-acortamiento), circunstancia que permite almacenar energía cinética a través de los componentes elásticos del músculo (v. pág. 222) y por tanto conseguir una altura de salto mayor (cf. Bosco/Pittera, 1982, 37). En comparación con el

SJ, el CMJ plantea exigencias técnicas mayores a la secuencia de realización del salto, lo cual puede originar distorsiones en el registro de la altura de salto (cf. Le Boulch, 1989, 160-174; Théraulaz, 1993, 18).

Salto pliométrico (*drop jump*)

En el salto pliométrico o *drop jump* se calcula la altura conseguida después de un salto descendente desde alturas diferentes (20, 40, 60 y 80 cm). Aquí conviene no sobrepasar, en niveles de rendimiento bajos y en las edades infantil y juvenil temprana, alturas de salto descendente de 40 cm.

Los tiempos de contacto inferiores a los 170 ms son indicio de un nivel alto de fuerza reactiva o bien de un “programa temporal corto” (v. pág. 218). En gimnastas de alto rendimiento (saltos con voltereta hacia delante y hacia atrás con giros múltiples) se han medido tiempos de contacto entre 60 y 120 ms (en saltos hacia delante) y entre 80 y 140 ms (en saltos hacia atrás) (cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 30). Como ya hemos mencionado (v. pág. 223), al efectuar el salto pliométrico se puede constatar entre sujetos entrenados y no entrenados diferencias en cuanto a la inervación previa, la fase de inhibición y la actividad refleja del músculo.

Para mantener el “programa temporal” en la “forma pura”, y para evaluar de forma precisa la fuerza reactiva dependiendo del estado de los componentes musculares, se suele provocar en el salto pliométrico (*drop jump*) una descarga del peso corporal de entre el 30 % y el 50 % con la ayuda de un arnés elástico (cf. Dehmel/Müller, 1984; Voss, 1985; Gundlach, 1987; Behrend, 1988; Fischer, 1989; Bauersfeld/Voss, 1992). El procedimiento interesa no sólo desde el punto de vista de la metodología del entrenamiento (desarrollo de un programa temporal nuevo, más rápido), sino también desde el punto de vista de la biomecánica (comportamiento de los componentes elásticos, p. ej., en el transcurso de un entrenamiento específico de la fuerza de salto).

b) Cálculo de la fuerza vertical con el salto

Con las formas que acabamos de presentar (*squat jump*), útil sobre todo para modalidades que no ofrecen la posibilidad de movimiento preparatorio antes del salto, como la natación con salida de agarre, y salto con contramovimiento (CMJ) se puede registrar y evaluar de forma sencilla y precisa las condiciones momentáneas de fuerza de salto. Los valores del CMJ se corresponden aproximadamente con los valores de la prueba de *detente* (v. pág. 292).

Tomando el ejemplo de un grupo de jugadores de voleibol, la tabla 44 muestra cómo un entrenamiento específico de la fuerza de salto mejora los rendimientos en las diferentes pruebas, y por tanto cómo estos resultados pueden servir de indicadores del desarrollo del rendimiento o de criterios de organización del entrenamiento.

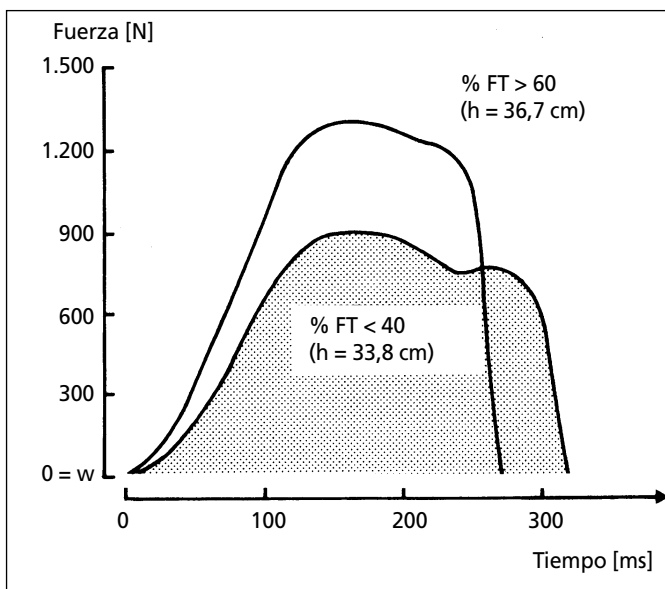


Figura 208b. Ascenso de la fuerza por unidad de tiempo en personas con predominio de fibras musculares ST o FT (de Bosco/Komi, 1979, 275).

Grupo	Tests (cm)	SJ (cm)	CMJ (cm)	Δh (cm) (CMJ-SJ)	last it (%)	BDJ (cm)
Jugadores de voleibol	Antes	37,5	42,3	4,8	11,4	39,3
	Después	39,9	47,1**	7,2	15,3	45,1**
	Δ	+2,4	+4,8	+2,4	+3,9	+5,8
	$\Delta\%$	+6,4 %	+11,4 %	+50,0 %		+14,8 %
Jugadoras de voleibol	Antes	23,9	27,8	3,9	14,0	30,7
	Después	23,5	28,3	4,8	17,0	31,2
	Δ	-0,4	+0,5	+0,9	+3,0 %	0,5
	$\Delta\%$	-1,7 %	+1,8 %	+23,0 %		+1,6 %

Tabla 44. Cambios en los valores de las pruebas de fuerza de salto sobre el ejemplo de un grupo de jugadores de voleibol; BDJ = mejor salto pliométrico; ** = significativo (Théraulaz 1993, 31, modificado de Bosco, 1979 y 1992, 84).

Tests de resistencia de la fuerza

El control de la resistencia de la fuerza se puede efectuar de maneras diferentes:

- Medición del número máximo posible de repeticiones con trabajo muscular dinámico (p. ej., dentro de un circuito de resistencia de la fuerza, v. pág. 28) y del tiempo máximo de mantenimiento con trabajo muscular estático.
- Medición de la distancia recorrida en carrera a saltos o en una serie de saltos con una o ambas piernas (10-20 saltos dependiendo de la capacidad de rendimiento). Este test garantiza una evaluación correcta de la resistencia de la fuerza rápida (resistencia de la fuerza de salto).
- Medición del tiempo de trabajo con carga dada, con la ayuda del aparato de entrenamiento desmodrómico (v. *supra*) o de otros aparatos isocinéticos.

Junto al cálculo de la resistencia de la fuerza, en muchas modalidades reviste una importancia considerable el cálculo de la resistencia de la fuerza de salto; pensemos en modalidades como el baloncesto o el voleibol, donde puede efectuarse, en función del nivel de rendimiento, entre 50 y 80 acciones de salto (cf. Hagedorn/Niedlich, 1985, 40; Westphal, 1989, 117).

Tests de resistencia de la fuerza de salto

Los métodos más difundidos a nivel internacional para determinar la resistencia de la fuerza de salto y la capaci-

dad aláctica y láctica son los diferentes tests de salto en plataforma de contactos, concretamente el salto de 15, 30 y 60 segundos de Bosco.

- El salto durante 15 segundos (*jump 15*)

La prueba J 15 sirve para la estimación de la capacidad anaeróbica aláctica. Su contenido consiste en el mayor número posible de saltos dentro de un tiempo de 15 segundos (manos en apoyo lateral como en el SJ), y en él se calcula la diferencia entre la altura máxima conseguida en el CMJ y el promedio de los saltos efectuados dentro del período de 15 segundos.

El tiempo de 15 segundos sólo resulta apropiado para el cálculo de la capacidad aláctica en adultos entrenados, no en sujetos sin entrenar ni en niños o jóvenes, pues en éstos la capacidad aláctica se sitúa entre 5 y 7 segundos (niños), con valores en ascenso progresivo en jóvenes y adultos no entrenados.

- Salto durante 30 segundos (J 30)

Permite evaluar el nivel de la resistencia de la fuerza de salto anaeróbica láctica.

- Salto durante 60 segundos (J 60)

La J 60 registra la capacidad anaeróbica máxima y calcula cada 15 segundos el trabajo efectuado (en vatios/kg de peso corporal), suministrando información sobre la capacidad de resistencia de cada deportista.

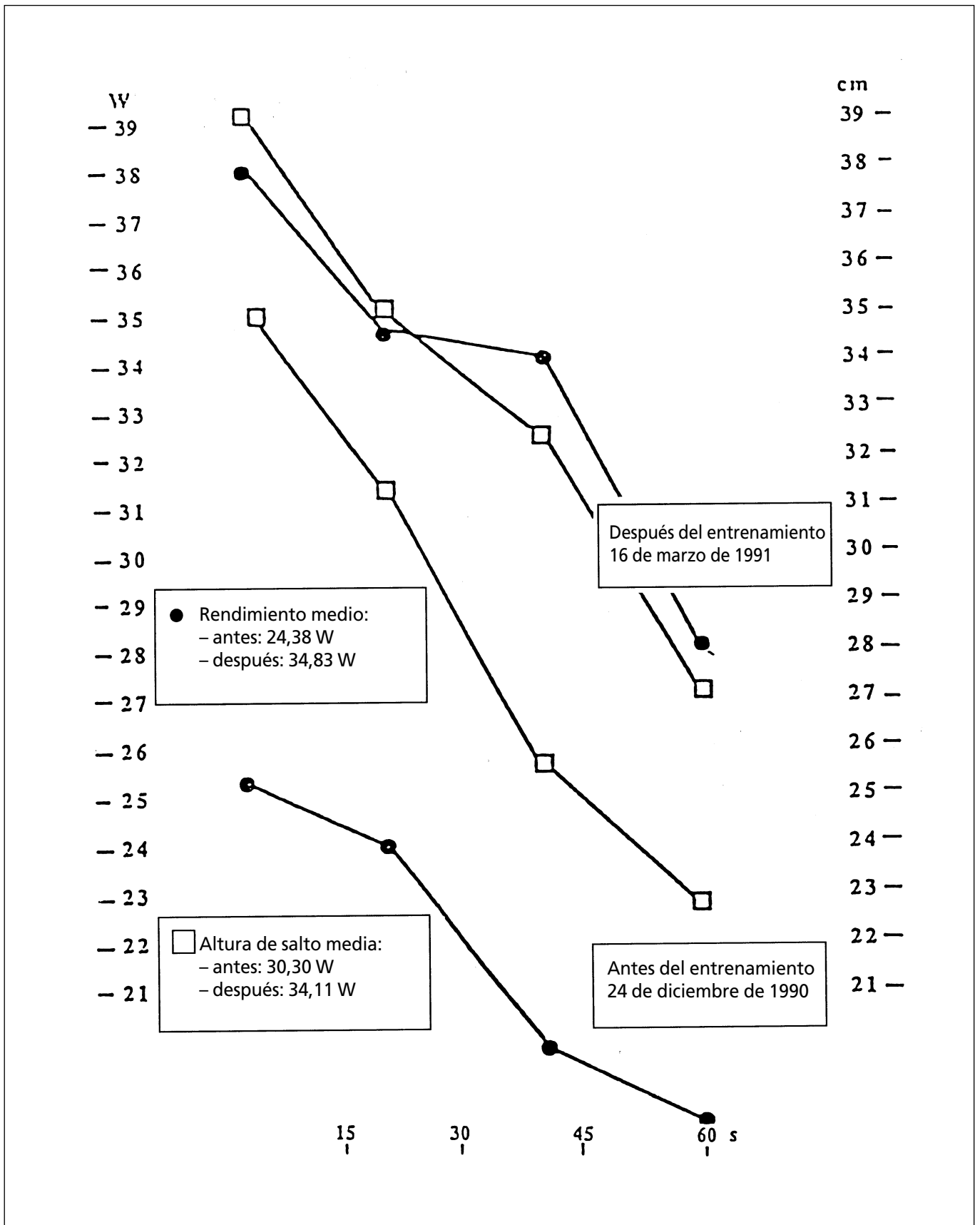


Figura 209. Desarrollo del rendimiento (en vatios y centímetros) en un atleta suizo de la elite de los 800 m al efectuar la prueba J 60, en el transcurso de un entrenamiento a largo plazo, específico de la fuerza de salto, de unos 3 meses de duración (modificado de Egger, 1992, 68).

Ni el test J 30 ni el J 60 resultan apropiadas para niños o jóvenes.

Como muestra la figura 209, los valores de la J 60 se pueden mejorar mediante un entrenamiento específico, y lo mismo se puede decir de las demás formas de test.

La figura 209 muestra que, antes del entrenamiento, el atleta presentaba una fuerte caída del rendimiento entre los 30 y los 45 segundos, indicio de una capacidad de resistencia poco desarrollada o de limitaciones en la resistencia de la fuerza rápida; dicha caída se pudo superar con el posterior entrenamiento.

A modo de resumen, podemos señalar que la ventaja de un registro tan exacto de los diferentes parámetros de la fuerza radica no sólo en la información precisa sobre los posibles puntos débiles, sino también en la documentación de los registros exactos del desarrollo de la fuerza a lo largo del proceso de entrenamiento. De esta manera se pueden detectar los errores metodológicos del entrenamiento y corregirlos en su debido momento.

Riesgos y problemas en el entrenamiento de la fuerza: medidas profilácticas

Riesgos de lesión y medidas profilácticas

Sobrecarga mecánica

Dado que la mayoría de los deportistas, al contrario que los levantadores de pesas, reciben normalmente poca información sobre las técnicas de levantamiento correctas –nos referimos sobre todo a ejercicios que cargan la columna vertebral, como las flexiones de rodilla con halteras, etc.–, se suele subestimar o trivializar el riesgo de un entrenamiento de la fuerza demasiado unilateral, forzado, precoz, abrupto o ejecutado con una técnica errónea. Varios estudios recientes han llamado la atención sobre la frecuencia con la que aparecen daños en la columna vertebral debido a sobrecargas (esto es, pesos que no se corresponden con la capacidad de rendimiento real del deportista). A menudo la causa de semejantes sobrecargas se encuentra en la utilización de una técnica defectuosa.

La figura 210 muestra que un acodamiento del tronco de 5 cm hacia delante provoca una carga suplementaria para la musculatura de la espalda en torno a los 100 kg.

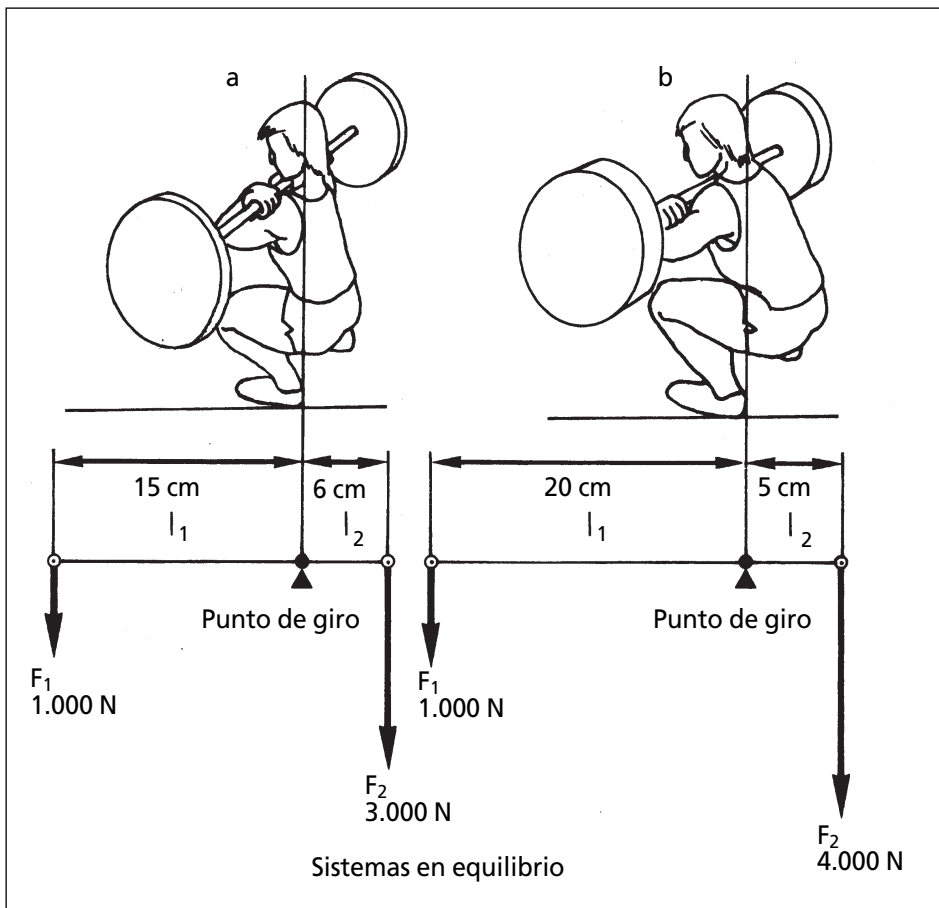


Figura 210. Relación entre brazo de fuerza y brazo de carga en postura del tronco vertical (a) o acodada (b), sobre el ejemplo de la flexión de rodilla hacia delante o de la entrada (apoyo de la haltera sobre clavícula y hombros) en la flexión de rodillas, en la disciplina de halterofilia (modificado de Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 46).

El siguiente ejemplo ilustra la cuantía de las cargas de la columna vertebral cuando éstas se alejan del punto de giro.

Un peso de 10 kg sostenido por el brazo extendido (en posición de pie) produce en el ámbito de las vértebras lumbares, debido a la longitud del brazo de palanca, una carga de 298 kg para los discos intervertebrales (v. Berger, 1965, 1086).

La corrección de la técnica, esto es, la descarga de la columna vertebral, se ha de vigilar sobre todo en los deportistas jóvenes, pues en la fase de crecimiento existe un elevado riesgo de lesiones dada la escasa capacidad de carga (v. pág. 100).

Importante. En el ejercicio de flexión de rodilla con halteras, practicado a menudo en muchas modalidades, se ha de vigilar que la postura del tronco sea la correcta (espalda extendida; cf. también Luthmann/Antretter, 1982, 21) y recomendar el uso de un cinturón de levantador de pesas, pues de esta forma el aumento de presión intraabdominal estabiliza mejor la columna vertebral y la protege mejor frente a las sobrecargas mecánicas (cf. Lander y cols., 1992, 603). También se puede recurrir a los llamados ejercicios de descarga de la columna vertebral.

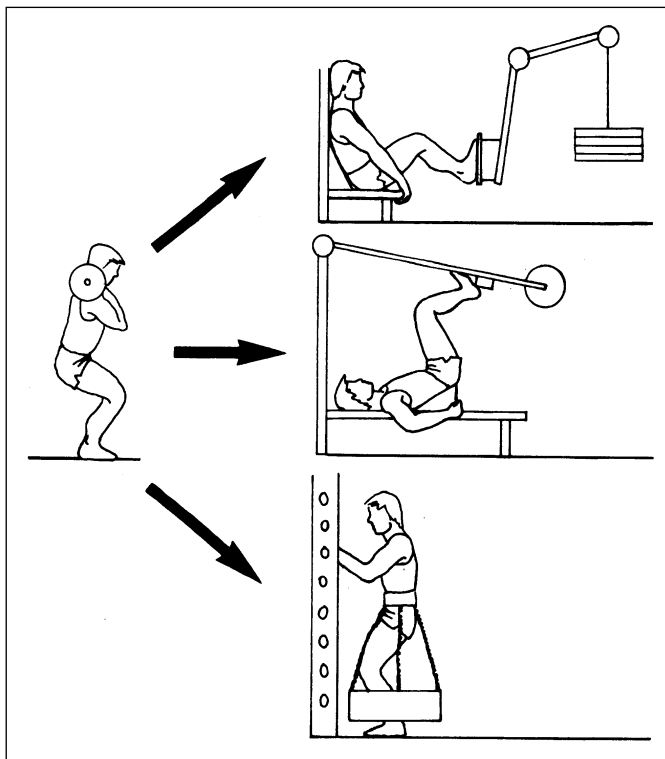


Figura 211. Posibilidades de variación de un ejercicio de fuerza de las piernas con carga de la columna vertebral.

La figura 211 muestra distintas posibilidades de variación del ejercicio clásico de fuerza de las piernas, la flexión de rodilla. No obstante, hemos de señalar que estos “ejercicios sustitutivos” no presentan la misma eficacia que el “ejercicio original” en realización explosiva.

Consecuencias para la práctica del entrenamiento:

En el ámbito absoluto del alto rendimiento, con jugadores bien entrenados, casi nunca hay motivos para renunciar al ejercicio de flexión de rodilla. Por el contrario, en ámbitos de rendimiento inferiores, durante la fase de consolidación de la musculatura (pretemporada) o en el ámbito juvenil, se ha de dar la prioridad a estos ejercicios de descarga de la columna vertebral para evitar los daños derivados de la sobrecarga.

Agujetas

Otra fuente de riesgos de lesión, a menudo subestimada, puede ser un entrenamiento demasiado duro, efectuado con métodos o ejercicios inusuales, que provoque unas *agujetas* pronunciadas. El cuadro sintomático de las agujetas suele aparecer 1 o 2 días después de la carga, manifiesta toda su intensidad durante el día o los 2 días siguientes y desaparece de forma progresiva.

Cuadro de molestias. Los músculos afectados están duros, hinchados y rígidos, sensibles al tacto, producen dolor con cada intento de movimiento y son incapaces de desarrollar esfuerzo (cf. Wietoska/Böning, 1979, 398).

Como muestran diferentes estudios, el fenómeno de las agujetas se debe a una sobrecarga muscular. La causa desencadenante es la incidencia de fuerzas intensas sobre fibras musculares concretas, tal como ocurre especialmente en las contracciones con estiramiento (entrenamiento excéntrico o pliométrico con carreras rápidas, saltos, aceleraciones con cambios de dirección, etc.). Si al inicio del movimiento de frenado, debido a la “inexperiencia” del sistema motor, sólo se inervan unidades motoras aisladas (el músculo no está preparado para la carga al ser los ejercicios inhabituales o por trabajar después de un descanso prolongado), o si estamos ante una mala coordinación intermuscular o intramuscular, serán sólo unas pocas fibras musculares las que asuman la totalidad del trabajo y sufrirán rápidamente una sobrecarga, con los consiguientes microtraumatismos. La figura 212 muestra que, acompañando a las agujetas, se producen lesiones mínimas (microtraumatismos) de las subestructuras musculares, sobre todo en el ámbito de las estructuras acompañantes de tejido conjuntivo (sistemas de filamentos exosarcoméricos; cf. fig. 148, pág. 234) y de las líneas Z, que unen las diferentes sarcómeras de las fibras

musculares, conectadas en serie. También aparecen destrucciones estructurales en los filamentos contráctiles.

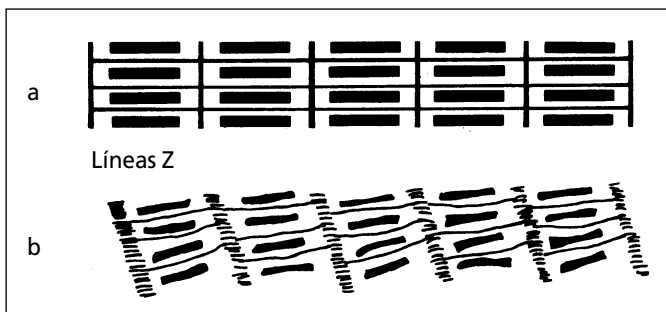


Figura 212. Fibra muscular normal (a) y afectada por agujetas (b) (Weineck, modificado de Friden/Sjöström/Ekblom, 1981, 506).

Atención. Unas agujetas pronunciadas no se deben tomar en broma, pues son la etapa preparatoria de una distensión muscular o, en el caso peor, de una rotura fibrilar. Por este motivo, si se sufren agujetas intensas el entrenamiento no debería continuar con dureza ni se debería entrenar la fuerza máxima, la fuerza rápida ni la velocidad. La opción correcta es un entrenamiento de regeneración (carrera tranquila) asociado a medidas que favorezcan el riego sanguíneo (aplicaciones calientes, p. ej., en sauna o bañera) (cf. Weineck, 1990, 482). La figura 213 nos ofrece una visión global del origen y los síntomas de las agujetas.

Medidas para la profilaxis de las agujetas:

- Aumento progresivo de la carga si los ejercicios son nuevos o inhabituales.

- Aumento progresivo de la carga después de descansos de entrenamiento prolongados: dado que éstos originan pérdidas de rendimiento, no sólo de condición física sino también de coordinación, al retomar la actividad de entrenamiento es aconsejable comenzar con carga reducida y en aumento progresivo.
- No realizar ejercicios intensos –sobre todo en el ámbito de la fuerza rápida– en estado de fatiga, pues en este caso el empeoramiento de las condiciones coordinativas predispone especialmente a las agujetas. Todo deportista conoce la aparición de agujetas después de competiciones excepcionalmente duras, como partidos decisivos (finales de copa y similares) con prórroga. En estas ocasiones el músculo sufre un agotamiento intenso y finalmente sobrecarga (cf. Böning, 1988, 6).
- Efectuar estiramientos y carreras de relajación después de cargas intensas.

La respiración en el entrenamiento de la fuerza

En los ejercicios de fuerza que permiten múltiples repeticiones no se debería retener la respiración. En el entrenamiento dinámico –ilustrado con el ejemplo del empuje en decúbito supino– se debe inspirar en el momento de depositar el peso sobre el tórax y espirar mientras se eleva el peso en movimiento de extensión. En el entrenamiento isométrico se recomienda una respiración jadeante.

En un entrenamiento con cargas elevadas, a menudo resulta inevitable un momento breve de respiración forzada con presión abdominal, pues lo exige la fijación de la caja torácica necesaria para llevar la carga hasta la vertical.

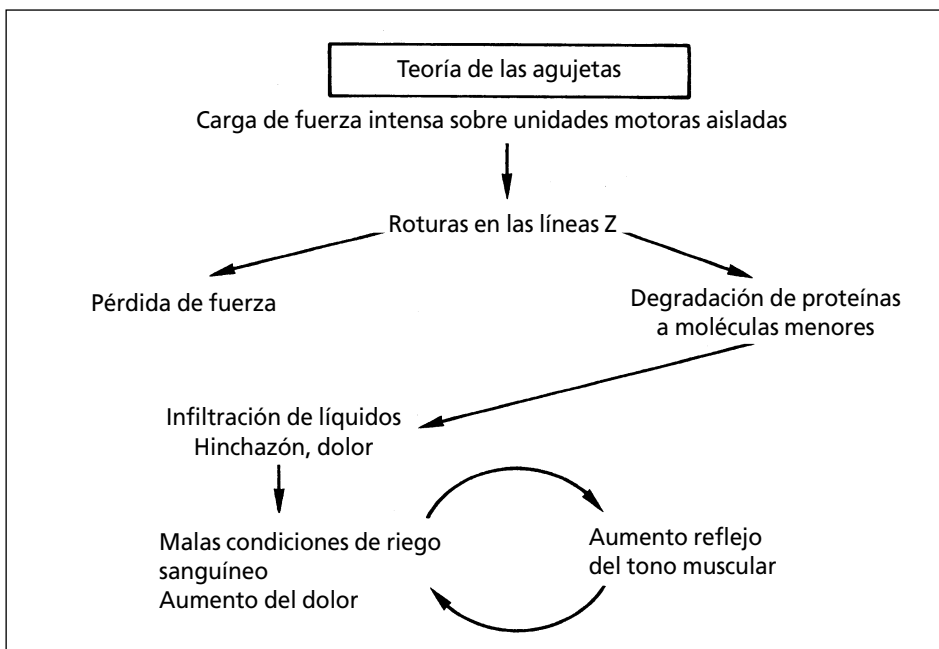


Figura 213. Representación esquemática del origen de las agujetas (de Böning, 1988, 6).

Además, con aplicaciones de fuerza máximas, la respiración forzada permite aumentar el desarrollo de la fuerza un 10 % aproximadamente.

En general, la respiración forzada no supone un riesgo especial para deportistas sanos en las edades juvenil y adulta temprana. Sin embargo, la situación puede cambiar con el paso de los años. La arteriosclerosis es la principal epidemia de nuestra época que se caracteriza por el sedentarismo: uno de cada dos individuos en la sexta década de la vida presenta un cuadro sintomático vascular, que con cargas máximas del sistema cardiovascular supone un riesgo mortal. Por ello cualquier persona no acostumbrada a entrenar debería extremar la precaución cuando practique un entrenamiento de la fuerza (v. también pág. 691). Los neófitos o las personas que retomen la actividad deportiva a cierta edad deberían renunciar al entrenamiento de la fuerza máxima o a las cargas elevadas. La respiración forzada asociada a estas formas de trabajo puede provocar alteraciones del ritmo cardíaco y daños vasculares con consecuencias imprevisibles.

Si pese a todo se desea practicar un entrenamiento de la fuerza intenso, se debería efectuar previamente un estudio deportivo-médico sobre las condiciones de carga.

Entrenamiento de la fuerza y desequilibrios musculares

Ninguna modalidad deportiva desarrolla todos los grupos musculares de forma armónica. El entrenamiento propio de una modalidad induce síntomas de adaptación característicos, que sirven sobre todo para desarrollar los grupos musculares importantes para el rendimiento deseado. Al mismo tiempo se descuidan otros grupos musculares que al deportista le parecen menos relevantes. De esta forma aparecen los llamados *desequilibrios musculares*.

Estos desequilibrios aparecen en un gran cantidad de deportistas, tal como muestran los estudios de Janda (1976), Weber (1981, 175), Berthold/Jelinek/Albrecht (1981, 173), Schmidt y cols., (1983, 271), Weber y cols., (1985, 149) y Fass/Freiwald/Jäger (1994, 21).

Los desequilibrios musculares se deben, por una parte, a un desarrollo desproporcionado de la fuerza y a un acortamiento de la “*musculatura de rendimiento*”, y por otra parte, a un debilitamiento de los músculos no entrenados (cf. fig. 218, pág. 307).

Sin embargo, los desequilibrios musculares pueden aparecer también por una inclinación determinada de ciertos grupos musculares al debilitamiento (como, p. ej., los abdominales o los glúteos), mientras que otros músculos tienden al acortamiento (v. tabla 45). Varios estudios realizados en distintas escuelas (Weineck, 1994,

Recto femoral	70 %
Tríceps sural	37 %
Erector de la columna	32 %
Isquiotibiales	22 %
Psoas ilíaco	16 %
Tensor de la fascia lata	15 %
Pectoral mayor	10 %

Tabla 45. Porcentaje de músculos acortados en (195) deportistas de diferentes modalidades (de Weber y cols., 1985, 149)

manuscrito sin publicar) muestran que estos acortamientos –que aparecen con preferencia en “deportistas de sprint y de salto”, esto es, en modalidades de juego y en atletismo– y debilitamientos musculares no son exclusivos de los deportistas de rendimiento, sino que se observan ya en el ámbito de la escuela primaria.

Entre los músculos acortados predominan el grupo de los isquiotibiales (extensores de la cadera y flexores de la rodilla de la cara posterior del muslo, cf. pág. 305) y el recto femoral (parte recta del cuádriceps femoral), y entre los músculos debilitados los abdominales (casi en un 50 % de los niños en edad escolar).

Como ya hemos mencionado, los desequilibrios musculares tienen entre sus causas principales la unilateralidad de las secuencias motoras, por ejemplo en el entrenamiento de la fuerza. Como consecuencia pueden producirse alteraciones de la función articular y estereotipos anormales de la secuencia motora. El proceso puede afectar tanto la colaboración óptima de los distintos grupos musculares para efectuar un movimiento, como la sucesión temporal de la contracción de los distintos grupos musculares (cf. Weber y cols., 1985, 149).

Entre la musculatura y las diferentes estructuras articulares existen estrechas interacciones reflejas. Las alteraciones en la musculatura producen alteraciones en la articulación, y viceversa. Por ejemplo, en caso de daños en la estructura interna de la rodilla (p. ej., lesiones de menisco) se produce rápidamente una disminución del tono (tensión) del extensor de la articulación de la rodilla (cuádriceps femoral), y en lo sucesivo el proceso continuará con una atrofia (pérdida de masa muscular) de evolución relativamente rápida. Los pasos siguientes serán el debilitamiento de este músculo y el empeoramiento de la capacidad funcional del sistema en su conjunto, con su reflejo negativo en la capacidad de rendimiento deportivo. La figura 214 muestra claramente que las alteraciones en el ámbito articular ejercen siempre unos efectos negativos sobre otros ámbitos estructurales del organismo del deportista.

Así pues, las alteraciones funcionales en los ámbitos articular o muscular inciden siempre negativamente sobre los parámetros cardiocirculatorios –p. ej., descenso de la capacidad de rendimiento en resistencia– o sobre el sistema nervioso central: alteraciones del funcionamiento combinado para la realización del movimiento, reflejadas en las llamadas alteraciones del estereotipo (cf. Badtke, 1988, 34).

Las desviaciones en cuanto al valor ideal de tono muscular, en el sentido de debilitamientos o acortamientos, producen alteraciones del estereotipo motor –los músculos no colaboran ya entre sí de la forma acostumbrada, o no se contraen con su modelo de sucesión automatizado– e inciden por tanto negativamente sobre la capacidad de adaptación y de carga de las estructuras afectadas directa o indirectamente (cf. Badtke, 1988, 34). Los aumentos del tono y los acortamientos musculares se consideran causas de tendinopatías de inserción (dolor en la inserción del tendón) y de dolores en el ámbito de la columna vertebral (sobre todo en la zona lumbar), que van asociados normalmente a alteraciones de los estereotipos motores y favorecen la aparición de lesiones. Dado que los diferentes grupos musculares trabajan en cadenas funcionales (cf. fig. 217), un músculo acortado incide sobre toda la cadena muscular y obstaculiza el modelo motor (cf. Weber/Baumann, 1988, 219).

Si existen trastornos del estereotipo motor, pueden producirse alteraciones en el funcionamiento combinado de los músculos y desajustes temporales en el modelo de contracción, factores ambos que restringen la capacidad de rendimiento deportivo.

Como ejemplo de alteraciones producidas en una serie de contracciones y debidas a una musculatura acortada o debilitada puede servir el siguiente cuadro sintomático muscular: si está restringida la capacidad de estiramiento del psoas ilíaco –músculo flexor de la cadera–, el sobreestiramiento (hiperextensión) en la articulación de la cadera, tal como se requiere, por ejemplo, en el salto, sólo podrá efectuarse mediante hiperlordosis extrema en la región de las vértebras lumbares. El síntoma que aparece en esta situación es, según Weber y cols., la alteración de la serie de contracciones en la articulación de la cadera, a saber, glúteo mayor-músculos isquiotibiales-zona lumbar del erector de la columna; esto es, la musculatura de la región lumbar se activa demasiado pronto y con intensidad excesiva, y la activación del glúteo mayor queda restringida o anulada por completo.

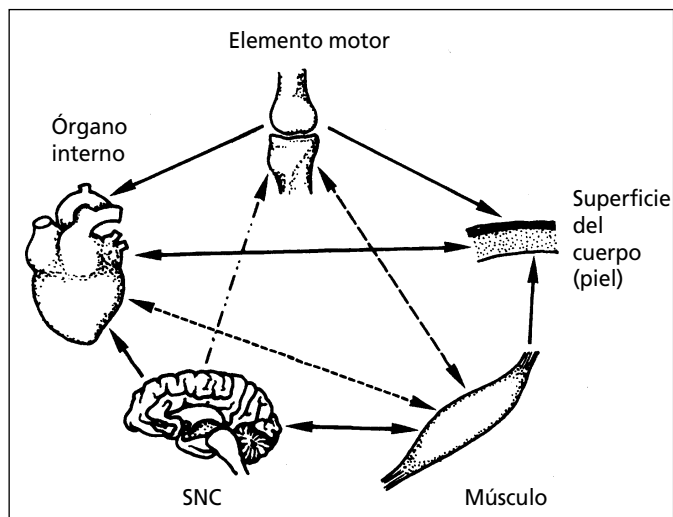


Figura 214. Relaciones de los reflejos nerviosos entre diferentes estructuras del organismo (modificado de Hamann, citado en Badtke, 1988, 33).

Sobre el problema de los desequilibrios musculares podemos resumir las siguientes nociones básicas, obtenidas a partir de estudios a largo plazo efectuados sobre numerosos deportistas de diferentes edades y niveles de rendimiento (tomado de Schmidt, 1988, 269):

- Al inicio del entrenamiento de base existen ya acortamientos y debilitamientos musculares. Las desviaciones sintomáticas más habituales se encuentran en el recto femoral, la musculatura abdominal y los flexores profundos del cuello.
- Con el inicio del entrenamiento deportivo de rendimiento, los acortamientos y debilitamientos musculares se hacen más pronunciados. El proceso suele afectar a varios músculos. En los hombres se observan desequilibrios musculares más acentuados que en las mujeres. Los debilitamientos musculares en la región de los glúteos son muy pronunciados.
- La discrepancia máxima entre los acortamientos y debilitamientos de todos los músculos se da en el ámbito del alto rendimiento, con un porcentaje muy elevado de entrenamiento específico. En este momento se alcanza también el grado máximo de propensión a las lesiones. Al aumentar el porcentaje de entrenamiento general, los desequilibrios musculares tienden a la regresión.

Así pues, conviene evitar, mediante ejercicios específicos, los desequilibrios musculares desde el mismo inicio del proceso de entrenamiento, y aprovechar el entrenamiento complementario o compensatorio para estirar

o fortalecer los músculos acortados o debilitados. De este modo podremos mantener en un nivel mínimo estos desequilibrios generados por un alto porcentaje de entrenamiento específico de la modalidad, contribuyendo así a la profilaxis de las lesiones y al descubrimiento de nuevas reservas de rendimiento.

Los estudios de Tauchel y Müller (1986, 123) y Lehmann (1991, 16) describen la aparición precoz de desequilibrios en los niños y su empeoramiento con el paso de los años, con la posterior incidencia sobre el equilibrio entre articulación y músculo. Spring (1985, 21) señala como causa las cargas excesivas o insuficientes propias de la modalidad deportiva, así como la ausencia o la inadecuación del entrenamiento. Tauchel y Müller (1986, 123) apuntan a la siguiente combinación de causas:

1. En algunas modalidades, al adelantar el inicio del entrenamiento sistemático a la edad infantil temprana, se descuida el principio del desarrollo regular y multilateral de los grupos musculares, sobre todo si tienen función sustentatoria. A menudo el interés se centra de modo unilateral en las exigencias específicas de la modalidad, con lo cual se altera el desarrollo de relaciones artromusculares óptimas.
2. En la configuración de la carga deportiva de los niños no se suele tener en cuenta suficientemente que el organismo infantil necesita, para un desarrollo positivo y para una adaptación del aparato locomotor y de sustentación, tiempos de carga más breves y tiempos de recuperación más largos que el organismo del adulto. La fatiga, incluso el dolor, como consecuencia de unos intervalos de recuperación demasiado cortos, puede originar procesos reguladores perjudiciales para el equilibrio muscular.
3. Los componentes de un entrenamiento practicado de forma unilateral favorecen asimismo las desproporciones en el desarrollo muscular. De aquí podemos deducir que un entrenamiento demasiado específico de la carrera y el salto favorece la tendencia al acortamiento del psoas iliaco como músculo de carrera típico.

Consecuencias para la práctica del entrenamiento

Con el fin de evitar los desequilibrios musculares, Tauchel/Müller (1986, 124) recomiendan:

- Plantear, sobre todo en las edades infantil y juvenil, un *entrenamiento multilateral* con los siguientes objetivos: desarrollo de relaciones artromusculares óptimas y

adiestramiento paralelo de la estabilidad (fortalecimiento muscular) y la movilidad (estiramiento muscular); en los primeros años se debe buscar un *fortalecimiento multilateral de la musculatura*, sobre todo de los músculos que cumplen función sustentatoria (v. pág. 307 s.). Cuando la especificidad de la disciplina impide aplicar universalmente el principio de la multilateralidad en el entrenamiento, se debe efectuar un trabajo compensatorio y un tratamiento con ejercicios selectivos.

- Buscar explícitamente, en las edades infantil y juvenil, ejercicios conservadores para un desarrollo óptimo de las estructuras conjuntivas y de sustentación, esto es, procurar que el trabajo de estiramiento muscular se realice mediante el fortalecimiento de los antagonistas, pues de este modo el estiramiento se efectúa con menor carga para la articulación.
- Dependiendo de las características de la modalidad, en nuestro caso el fútbol, determinar y fortalecer de forma selectiva la musculatura relativamente poco desarrollada (por lo general se trata de los antagonistas de los principales músculos que trabajan) (v. pág. 306). Además se debe diagnosticar los principales grupos musculares que tienden al acortamiento (v. pág. 303) y actuar sobre ellos con el correspondiente programa de estiramiento. Esto requiere estudios con pruebas a intervalos de tiempo regulares, para perfilar el cuadro sintomático en cada momento.
- Adoptar medidas fisioterapéuticas y metodológicas, selectivas y profilácticas, para evitar los modelos típicos de acortamiento o debilitación que se derivan del trabajo específico de la modalidad.

De forma resumida, se puede afirmar que todo entrenamiento efectuado a partir de la edad juvenil en una modalidad específica debería ir acompañado de su correspondiente *entrenamiento complementario*.

El contenido de un *entrenamiento complementario* debería ser, por una parte, el estiramiento de los músculos acortados (en este contexto hay que situar el consejo formulado por Egger, entrenador de Günthör –varias veces campeón mundial de lanzamiento de peso–, de “no realizar entrenamiento de la fuerza sin entrenamiento paralelo de estiramiento” [v. también pág. 335]), y por otra, el fortalecimiento suficiente de la musculatura del tronco, de importancia radical en todas las modalidades. Esto debe aplicarse sobre todo a las modalidades de juego, que requieren muchos cambios de dirección, fintas y acciones de salto.

Anexo

Indicaciones prácticas, de base anatómica, para la realización de un entrenamiento complementario sobre el ejemplo del entrenamiento de la musculatura del tronco

Como acabamos de mencionar, los movimientos rápidos del tronco tienen una gran importancia para el rendi-

miento deportivo en muchas modalidades. Los diferentes músculos del abdomen y de la espalda desempeñan un papel decisivo para recuperar y mantener el equilibrio del tronco. En las zonas anterior y lateral del tronco esta tarea corresponde a los músculos rectos, oblicuos y transversos del abdomen (v. figs. 215 y 216), y en la zona de la espalda sobre todo a los extensores de la espalda (v. fig. 217).

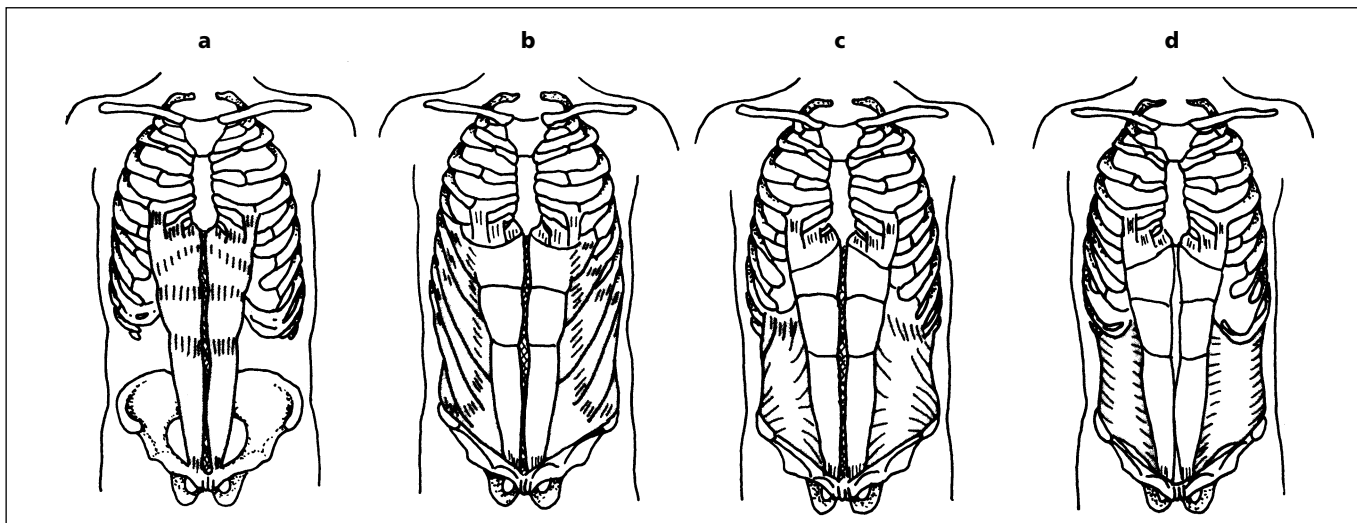


Figura 215. Vista general de los músculos más importantes del abdomen: a) recto del abdomen; b) oblicuo externo; c) oblicuo interno, y d) músculo transverso del abdomen (de Weineck, 1994, 92 ss.).

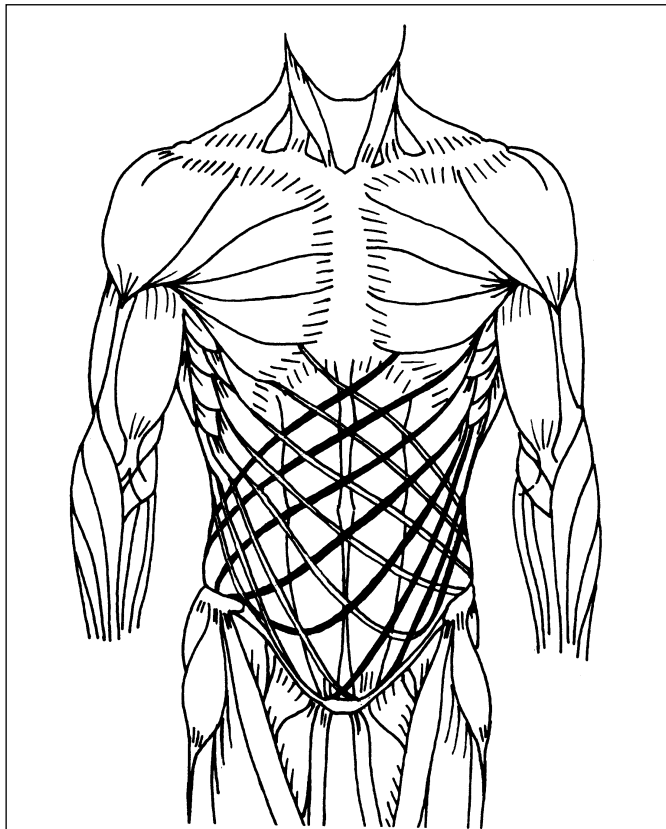


Figura 216. Representación esquemática del cinturón transversal y oblicuo de la pared abdominal y de su unidad funcional.

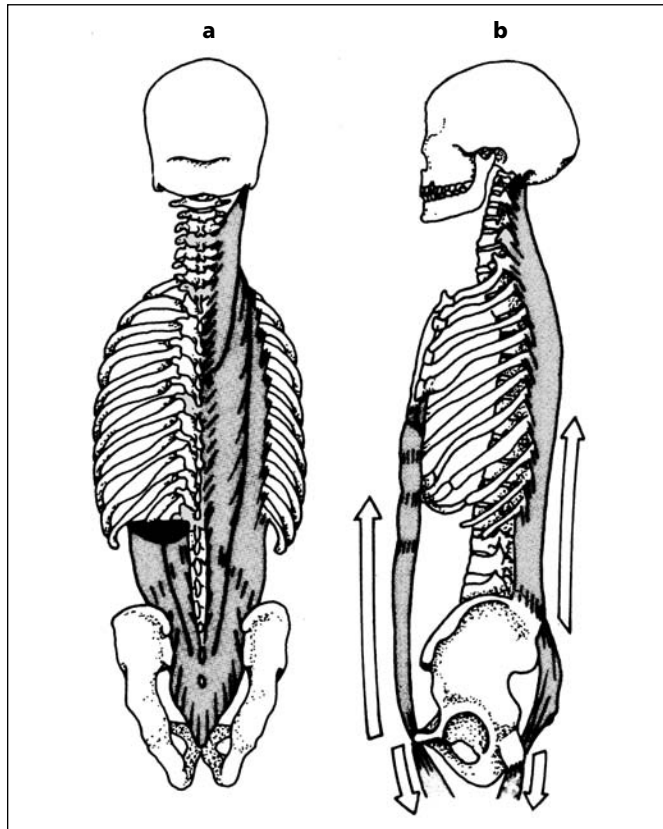


Figura 217. Extensor de la espalda (erector de la columna) (a) y su interacción funcional con la musculatura abdominal (b).

La figura 216 muestra la unidad funcional de los diferentes músculos del abdomen; la figura 217 permite observar la interacción de la musculatura del abdomen y de la espalda.

Mientras que los músculos abdominales y extensores de la cadera enderezan la pelvis, la musculatura de la zona lumbar de la espalda y los flexores de la cadera llevan la pelvis hacia delante. La posición de la pelvis –y por tanto de la columna vertebral– óptima para la función deportiva necesita una relación equilibrada de fuerzas entre los músculos que se insertan en la pelvis.

Como podemos ver en la figura 218 sobre el ejemplo de un jugador de fútbol, esta situación dista mucho de ser la habitual.

El entrenamiento orientado a la carrera, el salto y el disparo fortalece sobre todo los músculos flexores de la cadera. En paralelo a este proceso se produce un acortamiento de la musculatura extensora de la espalda en su parte inferior, con el resultado de una inclinación de la pelvis hacia delante y la consiguiente acentuación de la hiperlordosis lumbar.

Como muestra la figura 289 (v. pág. 367), la carrera y el esprint apenas activan la musculatura del abdomen, al contrario de lo que ocurre con la musculatura de la espalda. La falta de desarrollo de la musculatura abdominal no permite, pues, el enderezamiento de la pelvis y la compensación de la hiperlordosis en la zona lumbar, máxime cuando los músculos de la región glútea, responsables también del enderezamiento de la pelvis, presentan una tendencia al debilitamiento.

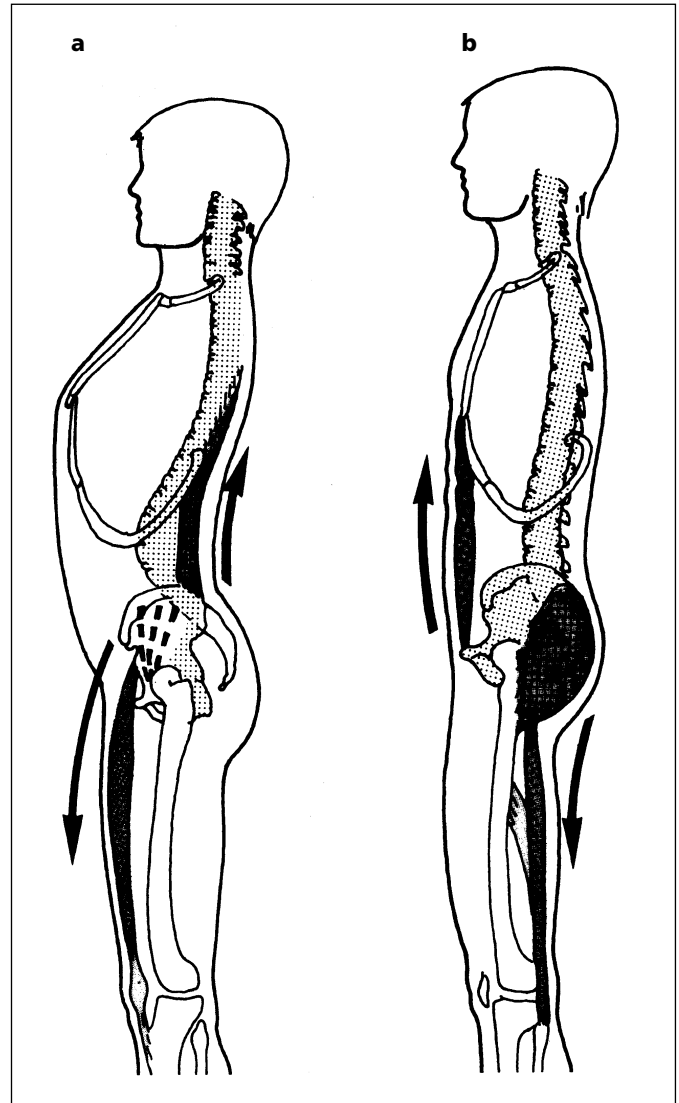


Figura 218. Alteración de la estática de la columna vertebral y de la pelvis debido a los desequilibrios musculares, sobre el ejemplo de un jugador de fútbol (de Knebel/Herbeck/Hamsen, 1988, 15). a) Unos flexores de la cadera fuertes (discurriendo por el interior de la pelvis, la estructura de las fibras está representada de forma esquemática, con trazo discontinuo), asociados a los extensores de la articulación de la rodilla, inclinan la pelvis hacia delante. Como compensación, la musculatura de la espalda adopta una longitud diferente. Se acorta progresivamente y apoya la inclinación de la pelvis. b) Algunos ejercicios gimnásticos seleccionados pueden impedir o compensar el desequilibrio:

Hemos de procurar, por tanto, un entrenamiento suficiente de la musculatura abdominal con el fin de prevenir la hiperlordosis, el dolor de espalda asociado a ésta y una serie de lesiones debidas a acortamientos e hipertónicas musculares.

El fortalecimiento de los músculos abdominales debería ir siempre precedido del estiramiento y la relajación de los músculos acortados de la espalda y de los músculos flexores de la cadera.

Ejercicios para fortalecer la musculatura del abdomen

El problema específico del entrenamiento de la musculatura del tronco, sobre todo del abdomen, consiste en que los “ejercicios de abdominales” habituales suelen cargar y fortalecer en mayor medida grupos musculares distintos de los que se pretende entrenar, sobre todo los ya

1. Ejercicios de estiramiento para los flexores de la cadera (psoas iliaco).
2. Ejercicios de estiramiento para los extensores de la espalda (erector de la columna, parte lumbar).
3. Ejercicios de fortalecimiento para los músculos abdominales rectos (recto del abdomen).
4. Ejercicios de fortalecimiento para los flexores de la articulación de la rodilla (músculos isquiotibiales).
5. Ejercicios de fortalecimiento para la musculatura de la región glútea (glúteo mayor) (dirección de la flecha = dirección de la tracción de los músculos).

mencionados flexores de la cadera, con fuerte tendencia al acortamiento. De esta forma se genera involuntariamente un desequilibrio muscular progresivo y se empeora la situación de la pelvis y de la columna vertebral. Por ello, el criterio de elección para los ejercicios de la musculatura abdominal debe ser la eficacia con la que se fortalece realmente el grupo muscular deseado y no los músculos “equivocados”.

El registro del modelo de activación muscular con la ayuda de un electromiograma (EMG) puede aportar una ayuda valiosa para la configuración de un programa de ejercicios apropiados.

Otro problema relativo al entrenamiento de los músculos abdominales consiste en que en ellos predominan las fibras musculares de contracción lenta. Por tanto, todos los ejercicios de ejecución explosiva (v. pág. 309) suponen –sobre todo para los jóvenes y los deportistas con musculatura abdominal poco desarrollada– una carga “antifuncional”, que no se corresponde con el modelo de actividad propio.

Conclusión. En el entrenamiento de principiantes se debe trabajar los músculos abdominales sin pesos suplementarios y con ritmo de movimiento lento. Conviene evitar un entrenamiento paralelo de músculos ya acortados.

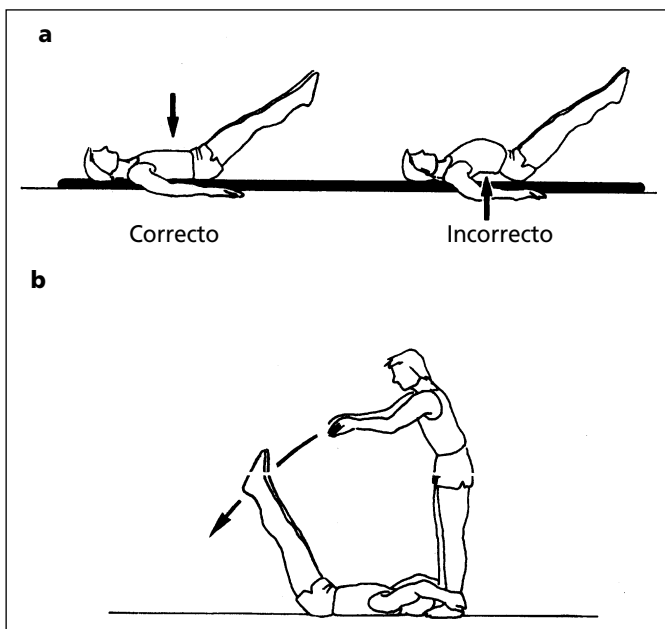


Figura 219. Entrenamiento de los flexores de la cadera (y de la musculatura abdominal) en realización correcta y errónea (a) y como ejercicio por parejas (b) (cf. Schmidt, 1988, 103).

En los deportistas bien entrenados puede y debe utilizarse las formas de entrenamiento explosivas, pues los movimientos de fuerza rápida del tronco son determinantes en múltiples sentidos para el rendimiento en competición.

En deportistas con hiperlordosis consolidada (de nacimiento o debida a entrenamiento) no sólo se debería realizar una elección cuidadosa de los ejercicios (v. pág. 310 s.), sino también renunciar a “ejercicios mixtos” dinámicos de mucho volumen, por ejemplo, la “navaja”, pues con ellos se entrenan en mayor medida los flexores de la cadera, de contracción rápida, y menos los músculos abdominales, de contracción lenta, favoreciendo así un nuevo incremento de la lordosis lumbar.

Antes de describir diferentes ejercicios para la musculatura abdominal, hemos de señalar la posibilidad de que, existiendo desequilibrios musculares debidos a la alteración de los estereotipos motores automatizados, los ejercicios convencionales para fortalecer determinados grupos musculares produzcan un efecto de entrenamiento completamente diferente, esto es, que no entrenen los músculos que normalmente entrenarían, sino otros cuyo fortalecimiento no interesa en absoluto, como, por ejemplo, los grupos musculares ya acortados y fuertemente desarrollados. Como ejemplo podemos mencionar el ejercicio de “descenso de las piernas en decúbito supino desde la vertical”, muy frecuente en el entrenamiento de los músculos abdominales (cf. fig. 219).

Si el compañero da un impulso a las piernas en la dirección del suelo, el momento de la aproximación de las piernas al suelo intensificará la hiperlordosis en deportistas con musculatura abdominal débil, sobre todo en la edad juvenil: los músculos abdominales no son capaces de mantener la pelvis recta; la fuerza excéntrica de los flexores de la cadera inclina la pelvis hacia delante y provoca el desfavorable efecto de la hiperlordosis en el ámbito de las vértebras lumbares (fig. 220).

Este ejercicio sobreestira además, involuntariamente, la musculatura abdominal ya de por sí débil y sobreestirada. Así pues, resulta apropiado para fortalecer los flexores de la cadera en un sujeto con la musculatura abdominal bien entrenada, pero no en un “principiante de la musculatura abdominal”, pues no consigue el doble objetivo de “entrenar los flexores de la cadera y fortalecer la musculatura abdominal, y puede producir además lumbalgia (por el acortamiento de los músculos extensores de la espalda en la zona de las vértebras lumbares).

Como muestra la figura 219, este ejercicio se sigue realizando con la “ayuda” del compañero: éste lanza con fuerza las piernas hacia abajo, en una realización que consideramos “de nula funcionalidad” para los músculos abdominales de contracción lenta, sobre todo en los principiantes.

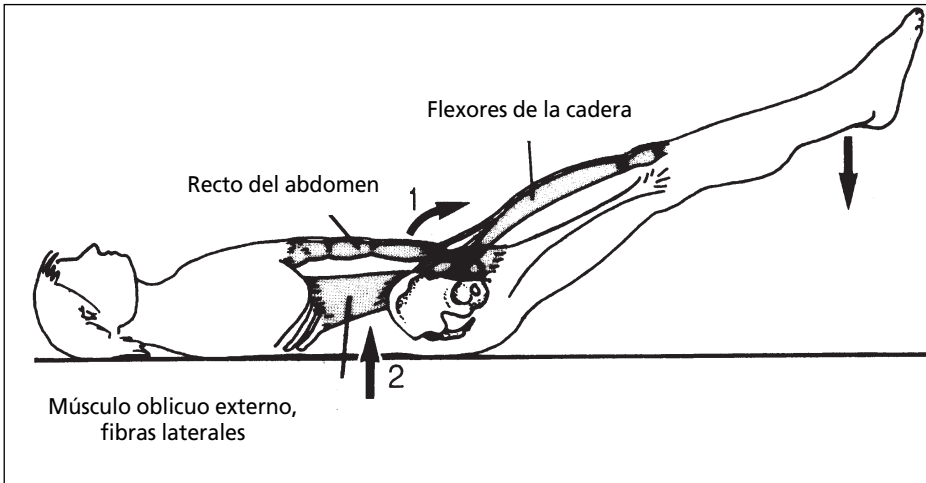


Figura 220. La sobrecarga de la musculatura abdominal, recta y oblicua (rectos y oblicuos del abdomen), producida con el descenso de las piernas, origina una inclinación creciente de la pelvis hacia delante (flecha 1), seguida por una acentuación de la lordosis lumbar (flecha 2).

Si durante la realización del ejercicio se mantiene una lordosis lumbar provocada por la debilidad de los músculos abdominales –que no pueden fijar la posición de la pelvis–, las actividades musculares registradas tienen lugar sobre todo en los músculos extensores profundos de la espalda en su zona lumbar. En cambio, la actividad muscular (potenciales de acción) en la musculatura abdominal es escasa, así que en lugar de fortalecerse ésta se produce un creciente acortamiento de los músculos extensores de la espalda. Por ello, al entrenar la musculatura abdominal con las piernas extendidas, se debe impedir que las piernas de un deportista con musculatura abdominal débil desciendan más allá del punto en el que las vértebras lumbares pierden el contacto con el suelo (cf. fig. 219).

Para el entrenamiento de la musculatura abdominal conviene advertir también que los ejercicios de abdominales “típicos” sólo cargan los músculos de forma óptima en ángulos determinados. En estos ejercicios, el trabajo principal suele recaer en los flexores de la cadera (psoas ilíaco, recto femoral, tensor de la fascia lata), aunque el objetivo propiamente dicho debería ser los músculos abdominales (fig. 221).

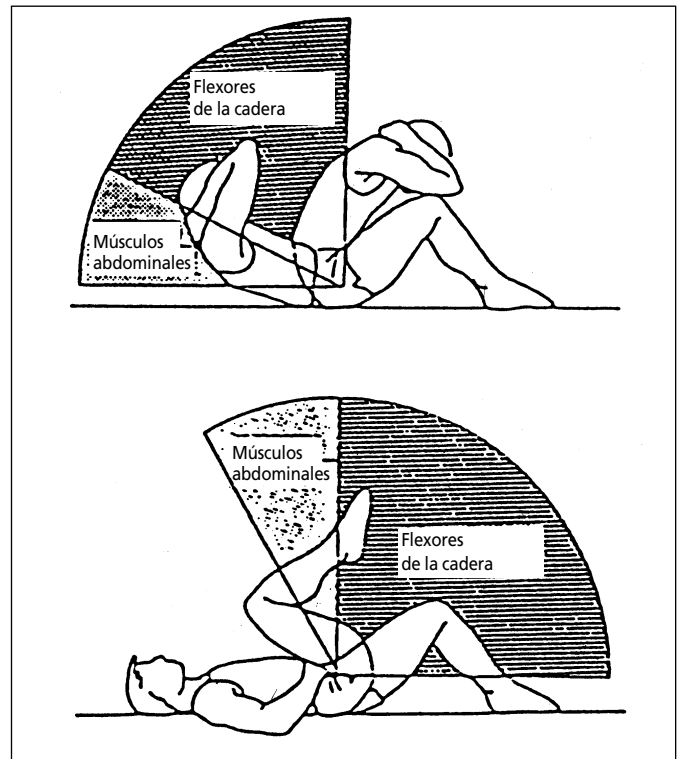


Figura 221. Ángulos de flexión de la cadera en los cuales los músculos abdominales aportan el trabajo decisivo.

1. Entrenamiento de los músculos rectos del abdomen

Recomendamos los siguientes ejercicios para el fortalecimiento aislado de los músculos rectos del abdomen:

- *Elevación del tronco* (fig. 222)

Caracterización del ejercicio. Este ejercicio de abdominales aislado se considera uno de los más importantes en el entrenamiento complementario de la fuerza para la mayoría de las modalidades.

Por una parte, fortalece la musculatura abdominal que la carrera no entrena suficientemente, y por otra, evita el trabajo paralelo de los flexores de la cadera, ya acortados en muchos deportistas (v. fig. 223).

La figura 223 muestra claramente que con las piernas extendidas no sólo se produce una mayor activación de los rectos del abdomen –un objetivo deseado–, sino también un trabajo paralelo, no deseado por muchas razones, de los dos flexores de la cadera más importantes (recto femoral y psoas ilíaco). La flexión de la articulación de la

cadera reduce las posibilidades de trabajo de los flexores de la cadera (los músculos acortados, no estirados previamente, desarrollan menos fuerza) o desactiva estos músculos (el glúteo se activa mediante presión del talón sobre la superficie de apoyo y los flexores de la cadera, sobre todo el psoas ilíaco, se relajan de forma refleja). Este ejercicio es apropiado también para deportistas con hiperlordosis habitual. Se optimiza el ejercicio apoyando las piernas sobre un cajón de plinto, pues de esta forma los flexores de la cadera quedan excluidos casi por completo del movimiento de flexión del tronco (fig. 224).

- Flexión del tronco hacia delante en la máquina de fuerza (fig. 225)

El fortalecimiento aislado de los músculos abdominales que hemos mostrado en los ejercicios anteriores puede practicarse también en la máquina de fuerza. También aquí se puede excluir del movimiento a los flexores de la cadera (fig. 224).

- Flexión del tronco acucillando las piernas (levantando la pelvis) con o sin ayuda de compañero

a) En decúbito supino, levantar la pelvis acucillando las piernas

En esta forma de ejecutar el ejercicio es importante que la pelvis se levante del suelo y se “enrolle” (cf. fig. 221),

pues los músculos abdominales sólo se entrenan en buenas condiciones si la sínfisis pubiana (inserción) se aproxima suficientemente al arco costal (arranque del músculo recto del abdomen, cf. fig. 217).

Este ejercicio resulta también muy apropiado para deportistas con problemas de espalda o desequilibrios musculares. Su inconveniente radica en la escasa amplitud del movimiento.

- b) En decúbito supino, elevar la pelvis acucillando las piernas con ayuda de un compañero (fig. 226)

Hacer el ejercicio precedente con ayuda del compañero supone una forma de ejecución aún más intensa, incrementando la amplitud del movimiento.

Los ejercicios de la musculatura abdominal mostrados hasta ahora deberían practicarse, dependiendo del estado de rendimiento, en de una a tres series con 6-15 repeticiones cada una.

Si se realizan además acompañados de un giro de tronco o de pelvis, se trabajan de forma paralela los músculos abdominales, tanto los rectos como los oblicuos (internos y externos).

Los deportistas bien entrenados pueden intensificar todos los ejercicios con la incorporación de pesos (p. ej., saco de arena, disco de haltera, etc.).

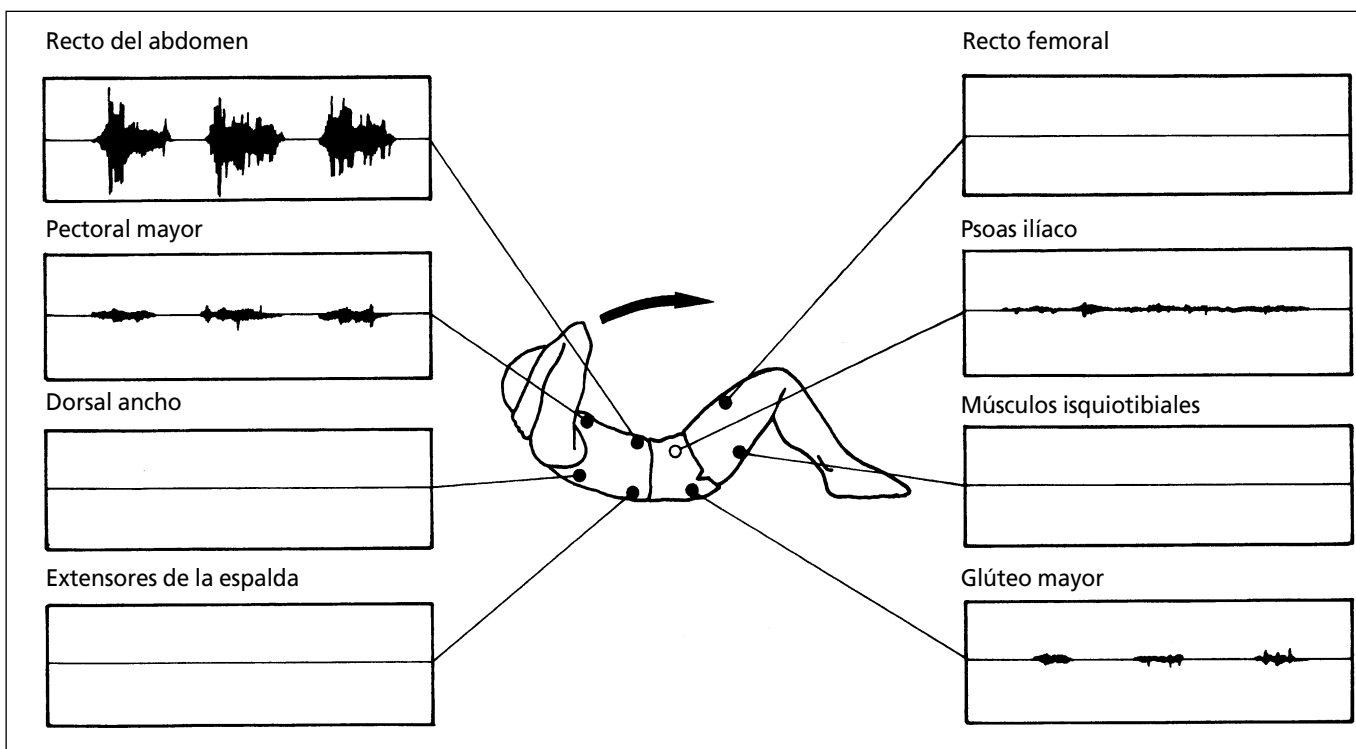


Figura 222. Elevación del tronco (flexión del tronco hacia delante). Actividad EMG de los principales grupos musculares participantes, con la cadera y las rodillas flexionadas (modificado de Kunz/Unold, 1988, 53).

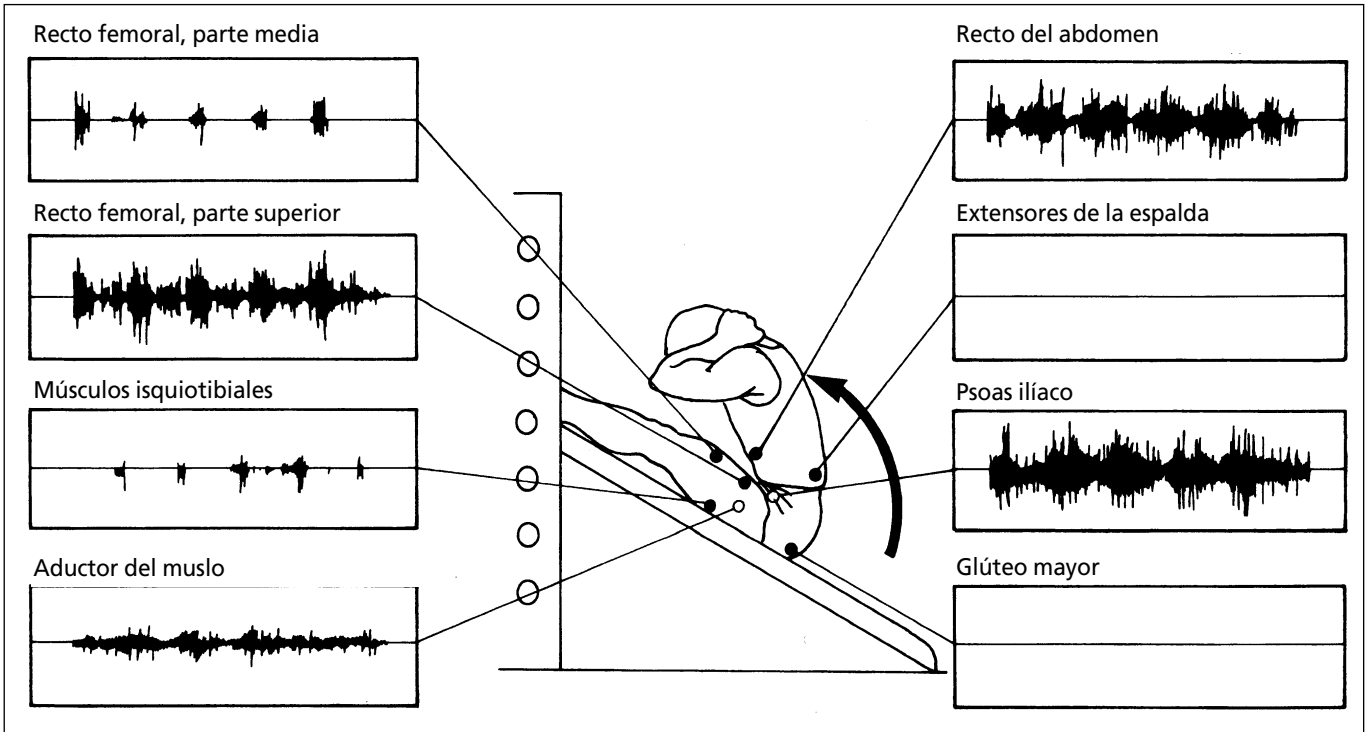


Figura 223. Flexión del tronco hacia delante en la tabla inclinada. Actividad EMG de los principales grupos musculares participantes: recto del abdomen; recto femoral, arriba; psoas ilíaco con las rodillas extendidas (modificado de Kunz/Unold, 1988, 43).

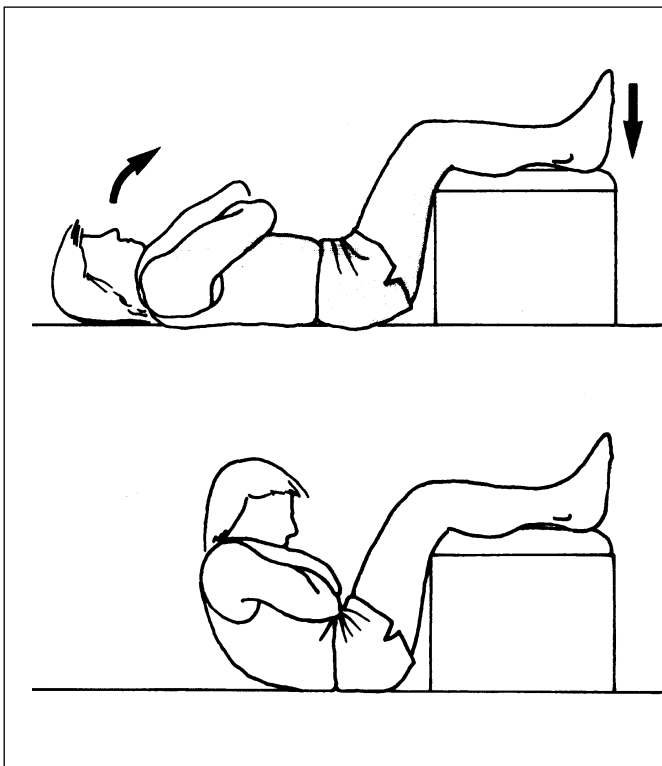


Figura 224. Elevación del tronco con presión simultánea de los talones sobre el cajón del plinto como ejercicio de abdominales aislado sin actividad paralela de los flexores de la cadera.

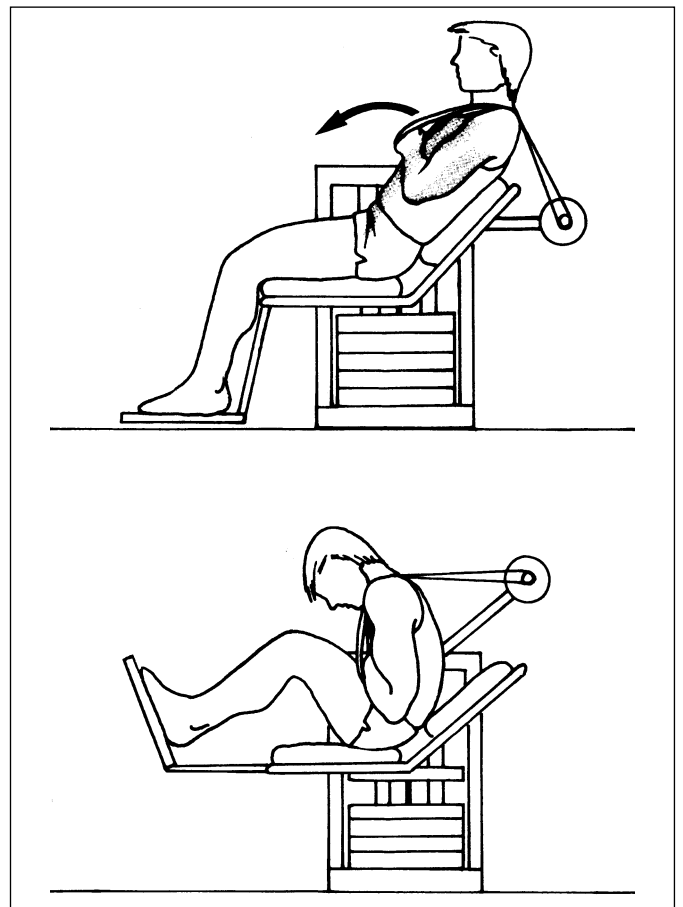


Figura 225. Flexión del tronco hacia delante en la máquina de fuerza.

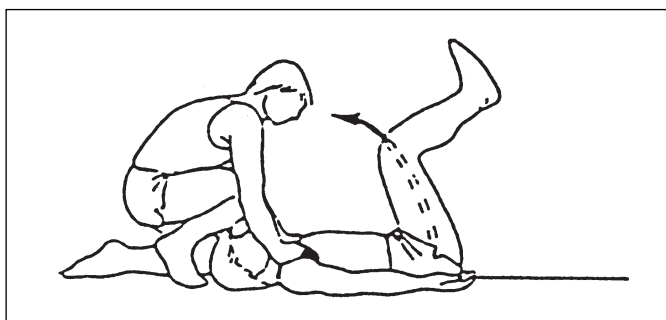


Figura 226. Elevación de la pelvis con ayuda del compañero.

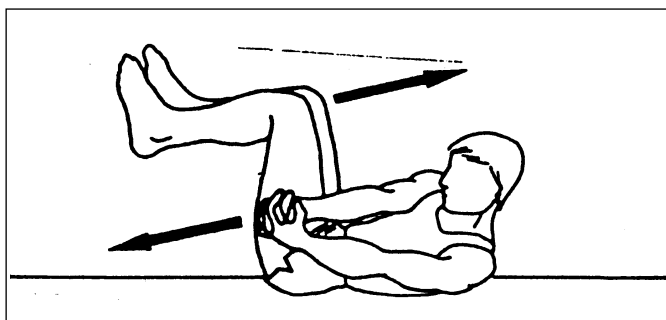


Figura 227. Flexión con giro del tronco hacia delante.

2. Entrenamiento de los músculos oblicuos del abdomen

Para el trabajo de estos músculos (oblicuo externo e interno del abdomen) proponemos los siguientes ejercicios:

- Flexión con giro del tronco hacia delante (con las piernas en ángulo) (fig. 227)

Con los brazos extendidos, se desplazan las manos entrecruzadas pasando a derecha e izquierda alternativamente junto a las rodillas, que al mismo tiempo se acercan al tronco en sentido contralateral, mientras se levanta y se gira el tronco. El ritmo del movimiento es lento, el número de repeticiones por cada serie se sitúa entre 6 y 15.

- Limpiaparabrisas (fig. 228)

El ejercicio se puede efectuar en solitario (extendiendo las manos hacia los lados o fijándolas en la espalda) o con ayuda del compañero. Como muestra la figura 228, esta forma de entrenamiento es un ejercicio de fuerza multilateral, que activa todos los músculos participantes en el giro del tronco. El interés primordial se centra en el fortalecimiento de los músculos oblicuos del abdomen. El ejercicio se puede intensificar utilizando pesos adicionales

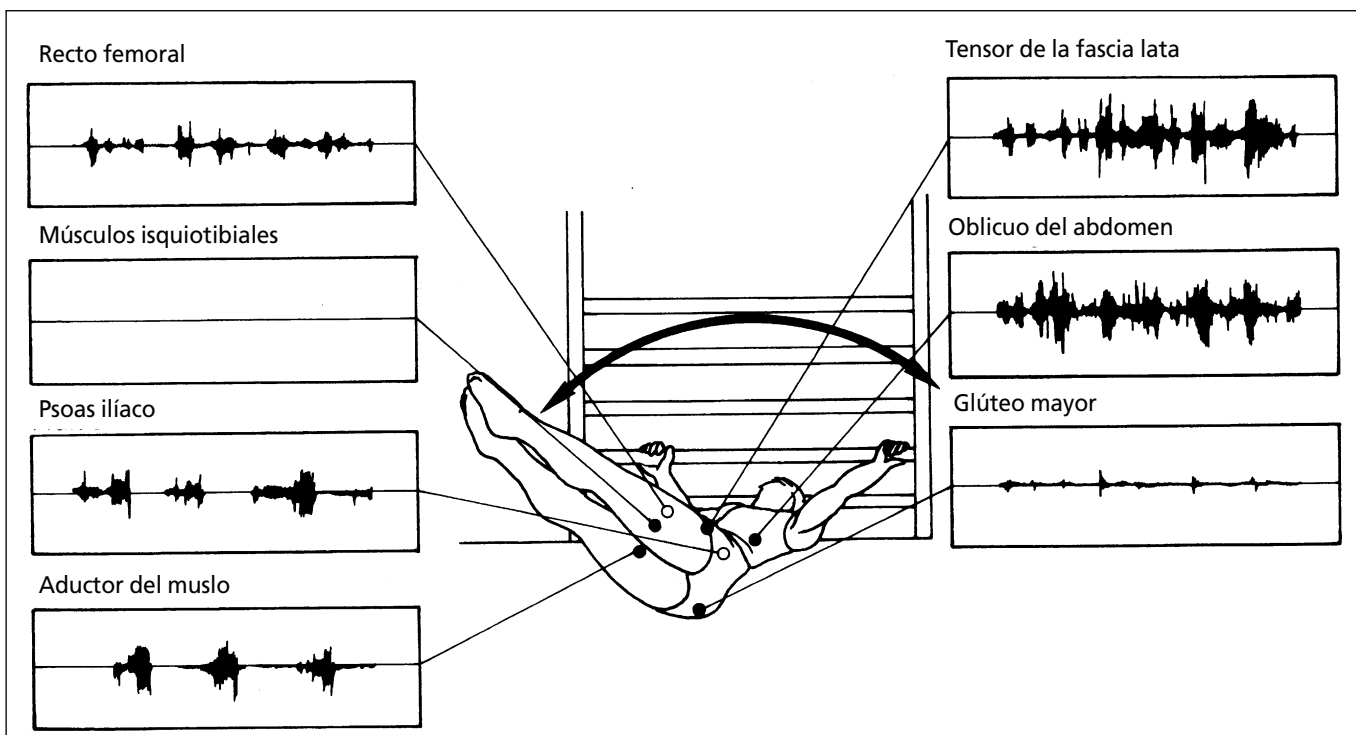


Figura 228. "Limpiaparabrisas". Actividad EMG de los principales grupos musculares participantes (modificado de Kunz/Unold, 1988, 43).

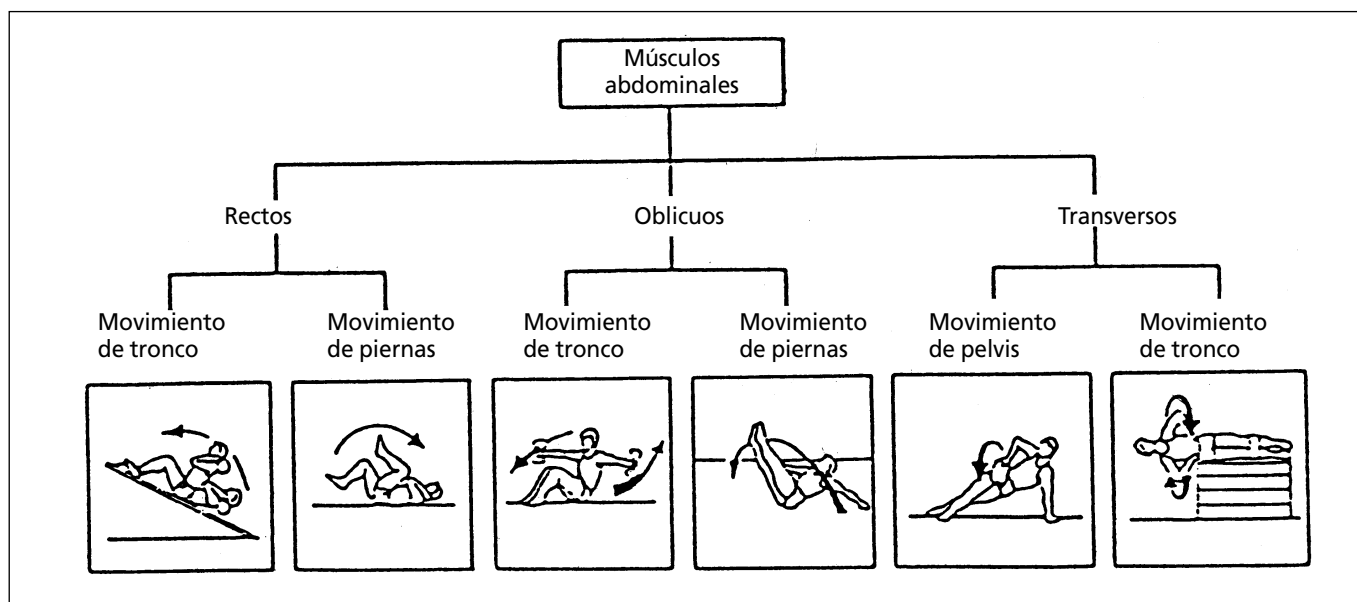


Figura 229. Resumen de las diferentes posibilidades de fortalecimiento amplio de la musculatura abdominal.

(balones de diferente peso entre los pies, manguitos lastrados). El trabajo máximo de los músculos participantes tiene lugar con una flexión de cadera de 90°.

La figura 229 presenta un resumen de las diferentes posibilidades de trabajo de la musculatura abdominal. Se puede ver que los diferentes grupos musculares se desarrollan de forma óptima con tres formas de ejercicio principales, a saber: ejercicios de flexión de cadera, ejercicios con giro de tronco y ejercicios con un componente de carga lateral.

Dado que el deportista se mueve en todos los planos con la ayuda de los músculos abdominales (en colaboración con los músculos de la espalda, entre otros), interesa fortalecer plenamente este grupo muscular, a menudo muy descuidado o entrenado de forma errónea. La figura

230 muestra que los músculos abdominales se pueden entrenar de forma dinámica y/o estática. El trabajo óptimo alterna ambos métodos (cf. Cometti, 1988b, 242).

Ejercicios para fortalecer los músculos extensores de la espalda

Los movimientos rápidos del tronco y su equilibrado constante sólo se pueden efectuar a través de una interacción compleja de todos los músculos del tronco y de la pelvis. Para ello, una musculatura abdominal bien desarrollada, acompañada de unos músculos de la espalda y extensores de la cadera mal entrenados, es tan ineficaz

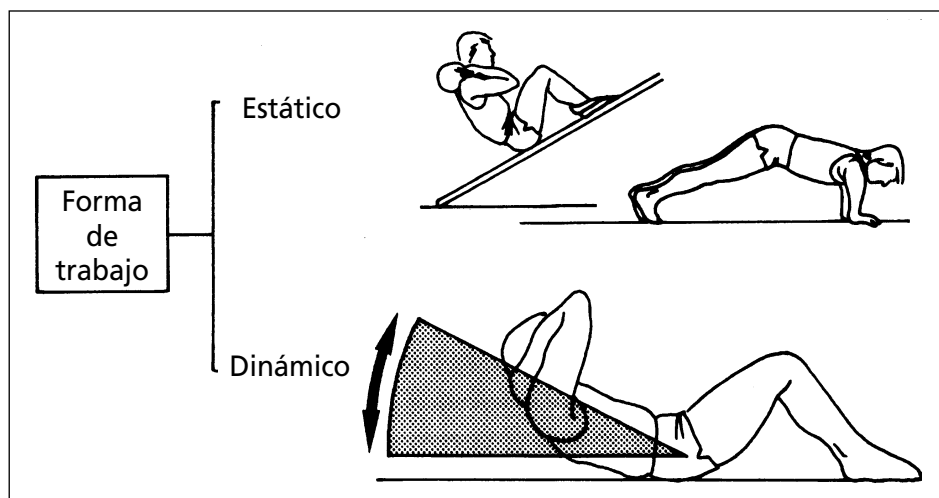
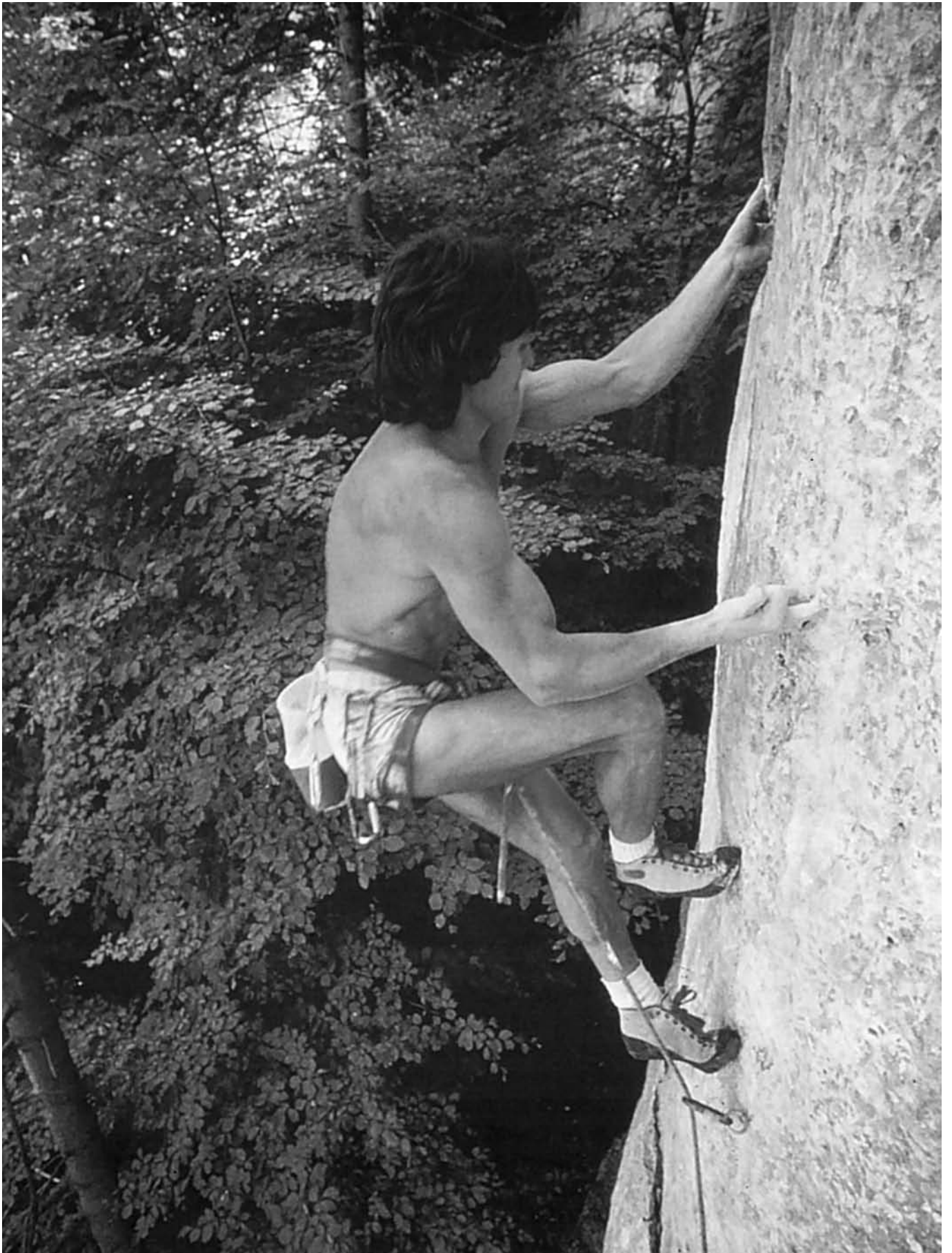


Figura 230. Forma de trabajo dinámico y estático para mejorar la fuerza de los músculos abdominales.





como unos músculos de la espalda y extensores de la cadera vigorosos acompañados de una musculatura abdominal poco desarrollada. Todos los grupos musculares participan en igual medida, con una colaboración óptima, en los movimientos del tronco y en el mantenimiento de una posición adecuada de la columna vertebral.

• *Elevar el tronco y los hombros hacia atrás* (fig. 231)

Al apoyar el tronco sobre el plinto se produce una descarga de los extensores de la espalda a nivel lumbar, esto es, en la parte de la musculatura de la espalda que en los deportistas suele tender al acortamiento, y por tanto a la hiperlordosis. Además de los músculos profundos extensores de la cadera, se entrenan el trapecio y los distintos músculos dorsales de la escápula.

La extensión del tronco en postura de rodillas (fig. 232) es un ejercicio muy sencillo, pero muy eficaz para fortalecer los músculos extensores de la espalda. Con este ejercicio se entrenan además el trapecio y el glúteo mayor.

Importante. La extensión del tronco no debe llevarse hasta el sobreestiramiento de la cadera con formación de hiperlordosis. El ejercicio sirve para trabajar la resistencia de la fuerza; el ritmo de ejecución debería ser lento y el número de repeticiones situarse entre 16 y 25.

El entrenamiento de la musculatura de la espalda es siempre problemático cuando ésta se encuentra acortada o debilitada, o cuando existen restricciones funcionales en otros grupos musculares que actúan sobre la extensión de la cadera. Dependiendo del estado funcional de los glúteos, sobre todo del glúteo mayor, un ejercicio completamente “normal” para fortalecer los músculos de la espalda –como, por ejemplo, “doblarse hacia arriba y hacia atrás desde el decúbito prono”– puede ver su efecto de entrenamiento limitado en buena medida o anulado completamente en relación con el objetivo planteado. La figura 233 muestra la actividad muscular de los grupos musculares participantes en diferentes estados funcionales.

Si el estado funcional de la musculatura glútea es óptimo, predomina, según Schmidt (1988, 270), la función del

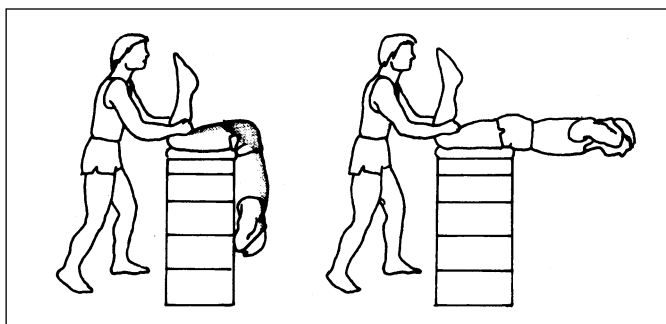


Figura 231. Elevación del tronco y de los hombros hacia atrás, en el plinto.

glúteo mayor. Los músculos profundos de la espalda muestran, al igual que los músculos de la cara posterior del muslo, potenciales de acción reducidos. Con un debilitamiento ligero de la musculatura glútea (nivel 4) se aproximan los potenciales de acción de todos los músculos mencionados. Si el debilitamiento de la musculatura glútea es pronunciado (nivel 3), la actividad muscular máxi-

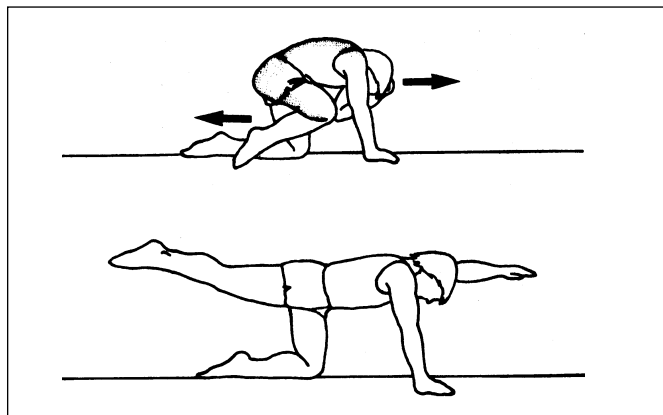


Figura 232. Extensión del tronco en postura de rodillas.

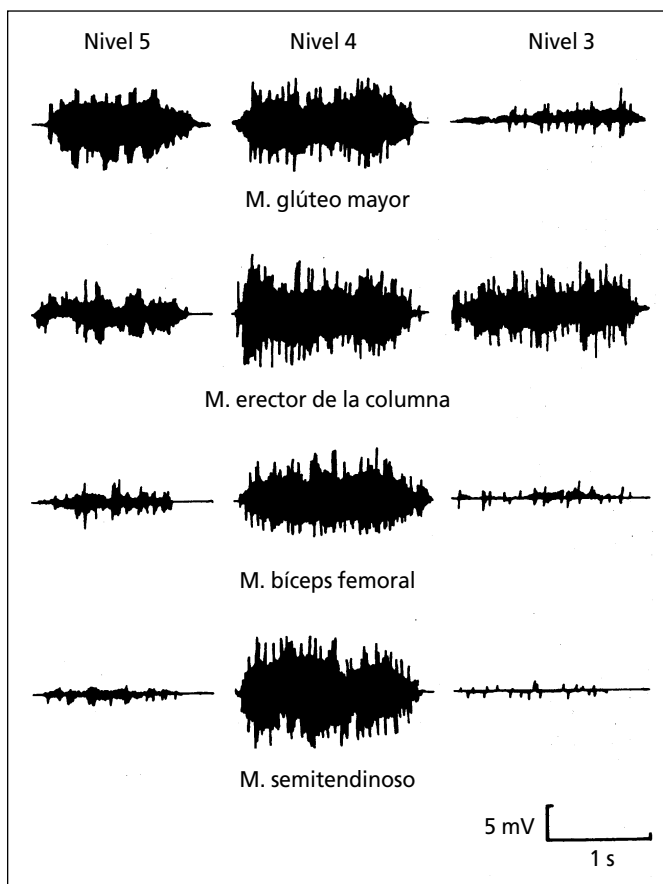


Figura 233. Potenciales de acción musculares de los glúteos (y de otros grupos musculares) en diferentes estados funcionales. Nivel 5 = estado funcional óptimo. Nivel 4 = función ligeramente debilitada. Nivel 3 = función muy debilitada (de Wittekopf/Wulf, citado en Schmidt, 1988, 270).

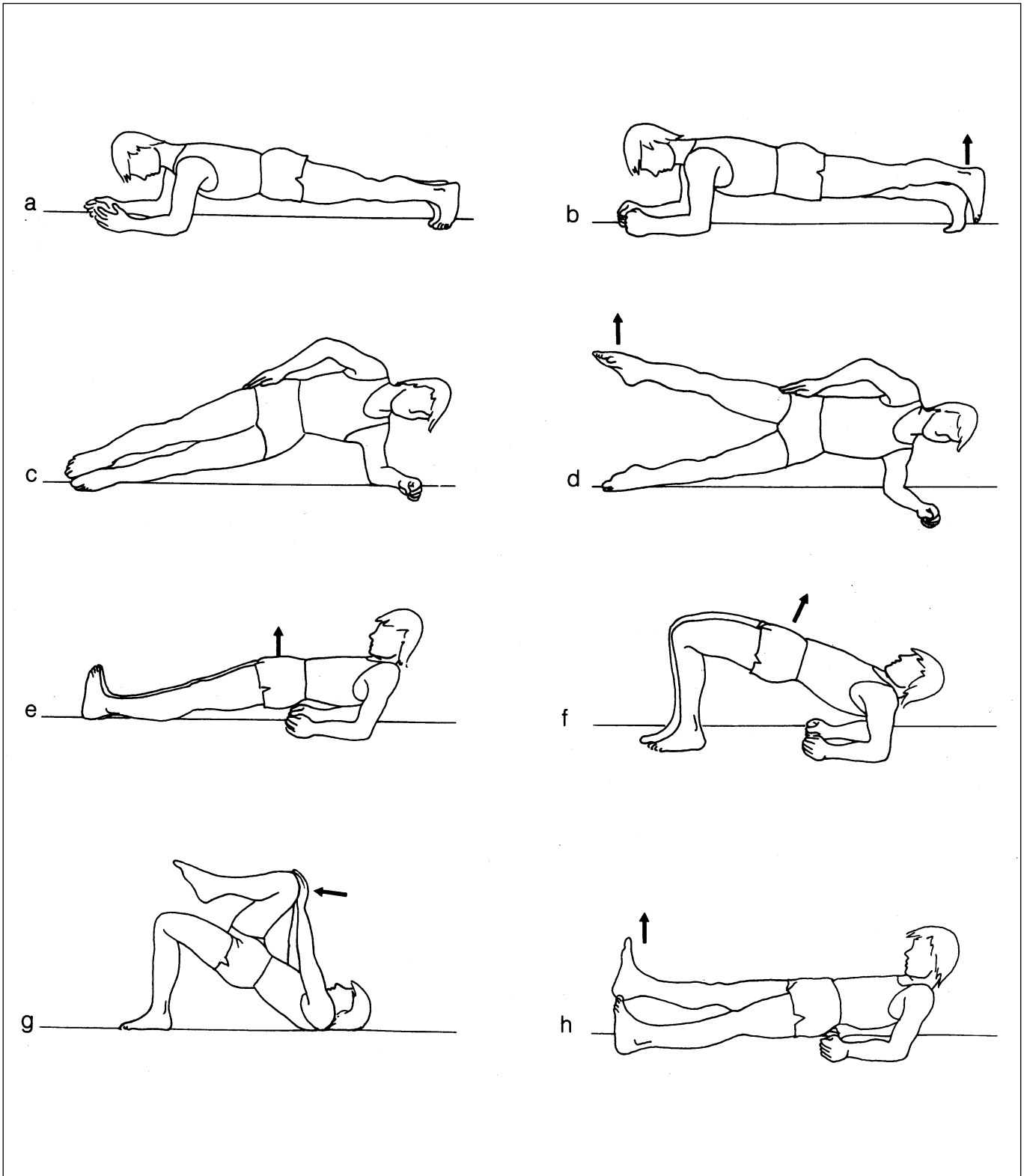


Figura 234. Ejercicios isométricos para la estabilización de todo el cuerpo. a) Apoyo sobre los antebrazos y los pies (o las rodillas); b) Idéntico al anterior, pero dificultado mediante elevación de la pierna izquierda o derecha alternativamente (para deportistas avanzados); c) Plancha lateral con apoyo sobre el antebrazo (o la mano); d) Idéntico al anterior, pero dificultado por la elevación de la pierna superior (para deportistas avanzados; atención: cambio de lado); e) Plancha boca arriba con apoyo sobre los antebrazos y talones; f) Idéntico al anterior, pero facilitado mediante flexión de piernas (para principiantes); g) Idéntico al anterior, pero con una sola pierna flexionada y presionando con ambas manos contra la rodilla de la pierna flexionada; h) Idéntico a “e”, pero dificultado por la elevación de la pierna extendida, derecha e izquierda alternativamente (para deportistas avanzados).

ma se observa en el músculo profundo de la espalda. Los músculos glúteos y los músculos isquiotibiales presentan niveles de actividad escasos.

Así pues, si la lordosis lumbar es acentuada, no se consigue el objetivo previsto de fortalecer la musculatura glútea, y sí un efecto que se debe evitar a toda costa: un nuevo acortamiento de la musculatura profunda extensora de la espalda (erector de la columna), con el consiguiente aumento de la lordosis lumbar.

Algunos ejercicios estáticos sencillos han demostrado una eficacia especial como ejercicios de todo el cuerpo, que involucran a toda la musculatura del tronco, esto es, tanto de la espalda como del abdomen; en efecto, pueden introducirse sin problemas en la secuencia de ejercicios en el marco de cualquier entrenamiento específico de una modalidad (cf. fig. 234).

En cuanto a la práctica de los ejercicios, conviene evitar algunos errores típicos “de principiantes”:

1. En los ejercicios *a* y *b* de la figura 234 se debe vigilar que la nuca se encuentre extendida (esto es, ausencia de lordosis cervical, la cabeza como prolongación de la columna vertebral) y que la tensión sea máxima en el ámbito de la musculatura de abdomen, espalda y glúteos (esto es, sin lordosis lumbar).
2. En los ejercicios *c* y *d* vigilamos nuevamente que la espalda se encuentre recta (esto es, que no haya tensión en los flexores). El pie de apoyo debe reposar sobre el talón y sobre toda su cara externa.
3. En los ejercicios *e*, *f*, *g* y *h* –que sirven no sólo para estabilizar el tronco en general, sino también para fortalecer los músculos isquiotibiales, normalmente acortados y debilitados– controlamos una vez más que se mantenga una buena tensión corporal, sin aflojar (cf. Kremer, 1992, 91/92).

Este tipo de programa de estabilización de todo el cuerpo ha demostrado su eficacia sobre todo en relación con un entrenamiento de la fuerza de salto específico de la modalidad.

Como muestran los estudios de Kremer (1992, 79), efectuados en el ámbito del voleibol, estos ejercicios de tensión de todo el cuerpo mejoran considerablemente el comportamiento de salto y contribuyen de forma decisiva a prevenir el síndrome de la lumbalgia, muy frecuente en esta modalidad, y también en otros juegos deportivos donde el salto reviste cierta importancia, como, por ejemplo, baloncesto, balonmano o también fútbol.

Antes de trabajar la fuerza de salto en la forma específica de la modalidad, la realización de un programa de estabilización de todo el cuerpo (v. pág. 317) ha demostrado su eficacia para elevar el tono de la musculatura de sustentación,

sometida a carga intensa durante los saltos; esta elevación del tono muscular es importante para proteger la columna vertebral y adoptar una posición correcta de la pelvis.

Planificación y periodización del entrenamiento de la fuerza

Principios generales de la planificación y la periodización del entrenamiento de la fuerza

En correspondencia con las categorías de la periodización general del entrenamiento, en el ámbito de la fuerza, la subdivisión –enfocada hacia diversos objetivos– distingue entre pretemporada, período de competición y período de transición.

La planificación del entrenamiento establece para cada uno de estos períodos unos objetivos, métodos y contenidos definidos, que –en mutua interacción– deberían llevar en último término al rendimiento máximo individual, al mantenimiento de la forma deportiva y a su pérdida controlada en el sentido de una fase de regeneración.

Para obtener resultados óptimos en los diferentes tipos de entrenamiento de la fuerza, la práctica deportiva ha establecido como necesarios los siguientes períodos (cf. Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 128; v. tabla 46):

1. Entrenamiento de la fuerza máxima: 7-13 semanas, de ellas:
 - a) entrenamiento de musculación: 4-8 semanas;
 - b) entrenamiento intramuscular: 3-5 semanas.
2. Entrenamiento de la fuerza rápida (sobre todo entrenamiento *intermuscular*, técnico): unas 3 semanas.

Los períodos más cortos de aplicación del entrenamiento de musculación no producen el efecto de adaptación deseado, y en el trabajo de la coordinación intramuscular son insuficientes para agotar el potencial muscular mejorado por el entrenamiento de musculación.

Con tiempos más largos, el esfuerzo de entrenamiento no guarda relación con los resultados de adaptación conseguidos por añadidura.

Este ciclo de periodización de 20 semanas (tabla 46) se puede recorrer, dependiendo de la modalidad, una vez (p. ej., en atletismo), hablamos entonces de modalidades de un solo pico, o dos veces (p. ej., en halterofilia), llamadas entonces modalidades de dos picos (cf. también pág. 62).

En el *entrenamiento plurianual*, el ciclo de 20 semanas constituye la base de cada programa anual (tabla 46).

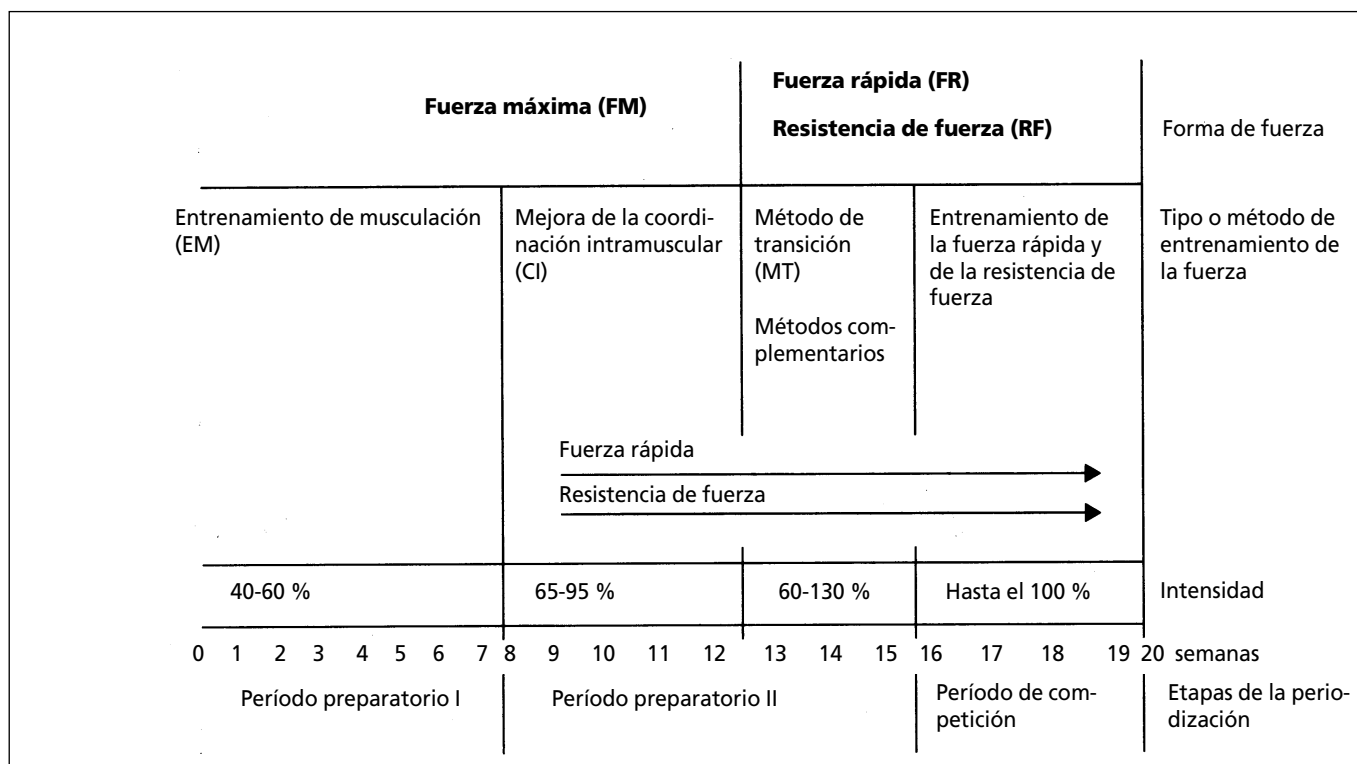


Tabla 46. Secciones de la periodización en el entrenamiento de la fuerza (período: 20 semanas) (de Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 128)

El ciclo anual reflejado en la tabla se puede aplicar a casi todas las disciplinas deportivas, con las correspondientes adaptaciones temporales.

Los valores de los incrementos de la carga deben basarse en todo momento en los rendimientos máximos obtenidos de una sección a otra.

Para la configuración del *microciclo* (una semana) en el entrenamiento de la fuerza debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos (cf. Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 129):

1. En un entrenamiento de dos sesiones por semana se puede trabajar con los mismos volúmenes e intensidades, pues disponemos de tiempos de recuperación suficientes entre las sesiones de entrenamiento (entre 2 y 3 días).
2. En un entrenamiento de tres sesiones por semana se debería entrenar el lunes, miércoles y viernes, siendo las cargas de lunes y viernes idénticas y la del miércoles un 10-15 % menor.
3. En un entrenamiento de entre dos y cuatro sesiones por semana, la variación de la carga se debe buscar a través del aumento o la disminución de la intensidad, con igual número de series: en primer lugar se aumenta la intensidad en 3 días consecutivos, de acuerdo con el principio del aumento progresivo de la carga, para redu-

cirla al cuarto día e incrementarla de nuevo en los días siguientes.

4. En un entrenamiento de entre cinco y seis sesiones por semana, la variación de la carga puede darse con el número de series (de cinco ejercicios cada una) (fig. 235).

En nuestros días, el entrenamiento de la fuerza durante todo el año se ha impuesto en casi todas las modalidades, bien en el sentido de la optimización del rendimiento o como entrenamiento compensatorio o complementario.

No obstante, como ya hemos mencionado, en los diferentes períodos del año se plantean programas diferentes, con intereses y métodos diferentes.

Entrenamiento de la fuerza en el período de pretemporada (preparatorio)

La pretemporada (PR) se puede subdividir en varias etapas parciales dependiendo de la modalidad y del tiempo disponible. El número de éstas oscila por lo general entre una y tres. Hablamos de PR 1, PR 2 o PR 3.

Pese al distinto número de etapas, el aumento progresivo de la carga es un aspecto común a todas las propuestas de clasificación. Dicho aumento se refleja en los diferentes objetivos marcados y en la elección de métodos y contenidos característicos.

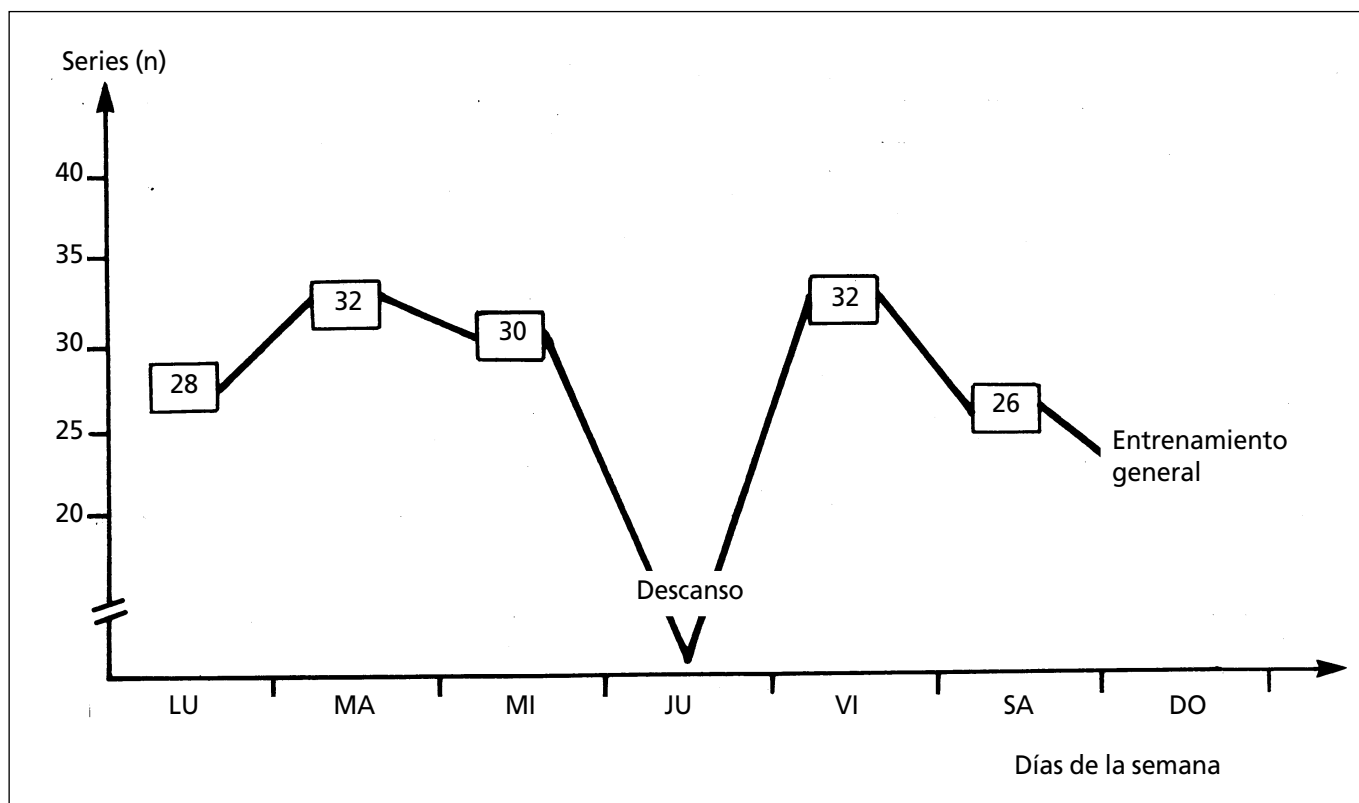


Figura 235. Distribución de la carga en un microciclo con cinco o seis sesiones de entrenamiento semanales, variando el número de series (de Ehlenz/Grosser/Zimmermann, 1983, 42).

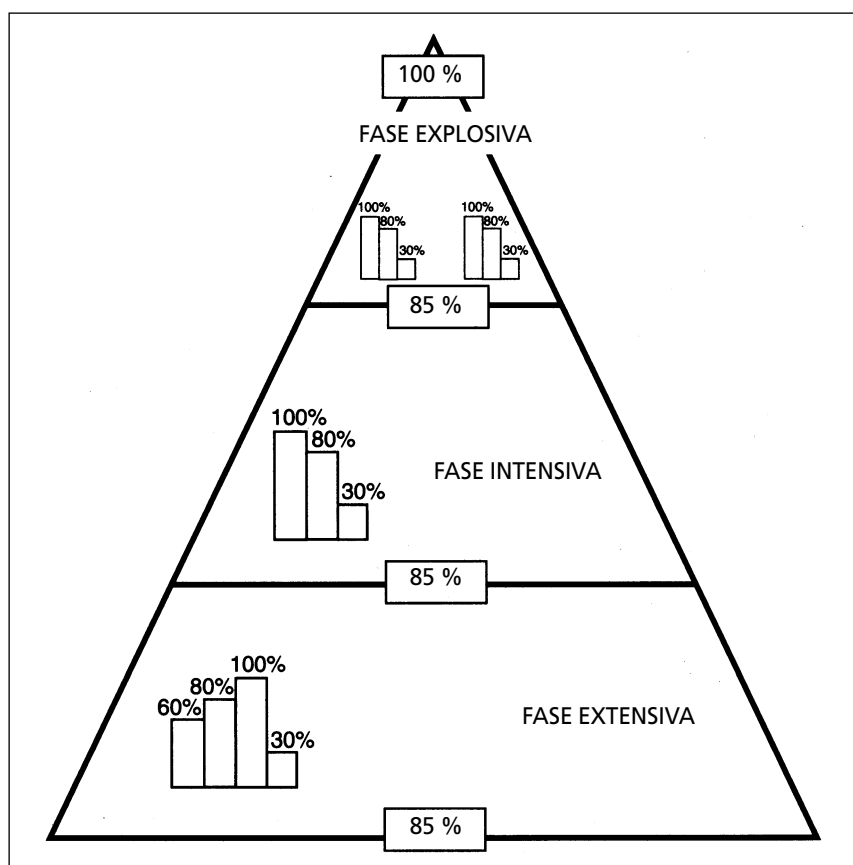


Figura 236. Las tres fases del desarrollo de la fuerza sobre el ejemplo del desarrollo de la fuerza rápida en atletismo (modificado de Egger, 1992, 32)

Sobre el ejemplo de una modalidad atlética de fuerza rápida, el lanzamiento de peso, mostraremos de forma concreta la organización de un período de pretemporada planificado de forma óptima. A continuación expondremos y comentaremos sobre todo las detalladas explicaciones de Egger (1992).

Para el período del desarrollo de la forma deportiva, Egger (1992, 31) diferencia tres fases previas al período de competición –en correspondencia con las diferentes etapas de la pretemporada–, concretamente la “fase extensiva” (pretemporada 1), la “fase intensiva” (pretemporada 2) y la “fase explosiva” (pretemporada 3).

Las fases extensiva e intensiva sirven sobre todo para el desarrollo de las condiciones básicas, y la fase explosiva, para consolidar las exigencias específicas de cada modalidad.

Para la fase de musculación, orientada hacia el volumen –que se corresponde con la fase extensiva–, recomienda un macrociclo de 4 semanas, subdividido en cuatro microciclos de una semana. Para las siguientes etapas “cualitativas”, que deberían servir para mejorar la coordinación intramuscular e intermuscular (fase intensiva) y para desarrollar la explosividad (fase explosiva), propone

macrociclos de 3 semanas, cada uno con tres microciclos de una semana.

Para mejor comprensión de la figura 236 hemos de indicar que en la “fase extensiva” se produce un ascenso progresivo del volumen: en la primera semana, tres series con un número de repeticiones dado; en la segunda, cuatro, y en la tercera, cinco. La cuarta semana sirve para recuperarse y contiene sólo dos series con menor intensidad (30 % de la fuerza máxima individual).

Mientras que en la “fase extensiva” se produce una progresión en el número de las series, las dos fases siguientes presentan en sus microciclos de una semana una reducción de la carga, que se explica por la carga máxima de la primera semana (agotamiento pleno de las posibilidades momentáneas de cada deportista); dicha carga máxima impide un nuevo ascenso o la repetición de la misma carga.

En las fases intensiva y explosiva interesa sobre todo la calidad (inervación y explosividad). Por ello, los correspondientes macrociclos contienen microciclos de carácter regresivo, pues de no ser así la capacidad de carga del deportista se ve desbordada y se podría provocar un estado de sobreentrenamiento (cf. Egger, 1992, 33/34).



Figura 237. Los mecanismos del desarrollo de la fuerza (de Egger, 1992, 35).

Así pues, una pirámide de carga de este tipo abarca un periodo de entre 12 y 16 semanas de preparación para un periodo de competición de entre 4 y 6 semanas. Para preparar un nuevo periodo de competición, se debería recorrer otra vez el ciclo completo que acabamos de describir.

Este modelo en pirámide, estructurado básicamente sobre un ascenso progresivo de la carga en tres fases, lo transfiere Egger (1992, 35) a todas las cuestiones relacionadas con los objetivos, los métodos y los contenidos.

Para una mayor claridad de la representación gráfica, los diferentes niveles de la progresión se muestran primero separados y después, en la figura 242, en una visión global.

- *Progresión de la carga desde los puntos de vista de la fisiología del rendimiento y de la anatomía*

Como se puede ver en la figura 237, el ascenso progresivo de la carga se basa en una serie de mecanismos diferentes desde los puntos de vista de la fisiología del rendimiento y de la anatomía.

La fase extensiva se caracteriza por el entrenamiento de musculación (hipertrofia muscular); la fase extensiva, por el trabajo de coordinación intramuscular e intermuscular, y la fase explosiva, por la optimización de los mecanismos de reflejo muscular.

Cada uno de estos mecanismos requiere métodos y contenidos de entrenamiento característicos (cf. también pág. 274 s.). El aumento de la sección transversa del músculo se basa sobre todo en el método del culturismo, con series de diez repeticiones y una intensidad del 70-80 % de la fuerza máxima individual (deportistas de rendimiento). La mejora de la coordinación intramuscular se basa en el método de las cargas elevadas y máximas (por encima del 85 %). Finalmente, la optimización de los mecanismos del reflejo de estiramiento muscular y del entrenamiento de las propiedades elásticas del músculo se basa en el entrenamiento pliométrico (y formas afines).

- *Progresión de la carga desde el punto de vista de los objetivos*

Desde el punto de vista de los objetivos, la sucesión mejor valorada es la vigente desde Kuznetsov (1970): “entrenamiento muscular general”, “entrenamiento muscular con múltiples objetivos” y “entrenamiento muscular especial” (cf. pág. 323, v. fig. 238).

Egger aclara la cuestión de estos objetivos con el ejemplo de la mejora de la fuerza en el lanzamiento por encima del hombro, tal como se efectúa en el lanzamiento de jabalina, en el *mate* del voleibol o en el servicio del tenis:

- En el entrenamiento de la fuerza general predominan ejercicios de una y dos articulaciones, que trabajan de

forma selectiva o en mutua combinación la musculatura del brazo y del hombro.

- En el entrenamiento de la fuerza con objetivos múltiples predominan los lanzamientos de balón medicinal desde diferentes posiciones del cuerpo, que contienen aspectos esenciales del ejercicio buscado.
- Finalmente, en el entrenamiento muscular especial el interés se centra en los ejercicios específicos de la competición.

- *Progresión de la carga desde el punto de vista metodológico*

En cuanto al ordenamiento progresivo de métodos, conviene buscar una lógica en el orden de utilización de éstos (v. fig. 218).

Los métodos que proporcionan una cantidad suficiente de “fuerza en bruto” sientan las bases para los métodos siguientes. Los métodos excéntricos y pliométricos deben tener una preparación si queremos evitar lesiones o sobrecargas innecesarias. La figura 239 muestra el ascenso progresivo de los métodos para el desarrollo de la fuerza máxima, que sirve de fundamento para el posterior desarrollo de la fuerza rápida.

Para la utilización de los métodos de prefatiga y posfatiga (v. pág. 247), Egger recomienda la siguiente sucesión en la *fase extensiva*: primero, diez repeticiones del ejercicio complejo (p. ej., flexión de rodillas), y a continuación diez repeticiones con el ejercicio selectivo (p. ej., entrenamiento únicamente de los extensores de la rodilla), en el sentido de una fatiga posterior con énfasis en el aspecto excéntrico-concéntrico (con la ayuda de máquinas especiales, como, por ejemplo, el aparato de fuerza de Schnell, o de compañeros ejerciendo una presión suplementaria en la fase excéntrica).

Con esta sucesión de los métodos se produce no sólo una mejora de la sección transversa, sino también una optimización del trabajo de inervación.

Para la *fase intensiva* resulta especialmente apropiado el método de contraste con ejercicios complejos, específicos de la modalidad (recorrido de fuerza rápida). Aclaremos esto sobre el ejemplo de la “prensa de banca” para el ámbito del brazo y el hombro de un lanzador de peso (cf. Egger, 1992, 44):

- 5 o 6 repeticiones excéntricas (90 % de las RM = repeticiones máximas posibles);
- 5 o 6 repeticiones pliométricas (60 % de las RM);
- isometría total con el 70 %;
- 2 veces 6 repeticiones concéntricas (50 % de las RM), realización explosiva.

Atención. Entre las diferentes series se establece un descanso de 5 minutos

Finalmente, en la *fase explosiva* se da prioridad a los ejercicios realizados con carga elevada y aplicación de fuerza explosiva. También aquí se aplica el método de contraste. A una serie de flexión de rodilla al 90 % le sigue, por ejemplo, una serie de saltos o similares.

Esta alternancia de pesos pesados y ligeros (p. ej., el propio peso corporal) debería vincular, de una forma específica de la competición, el trabajo de la fuerza con el trabajo de la coordinación.

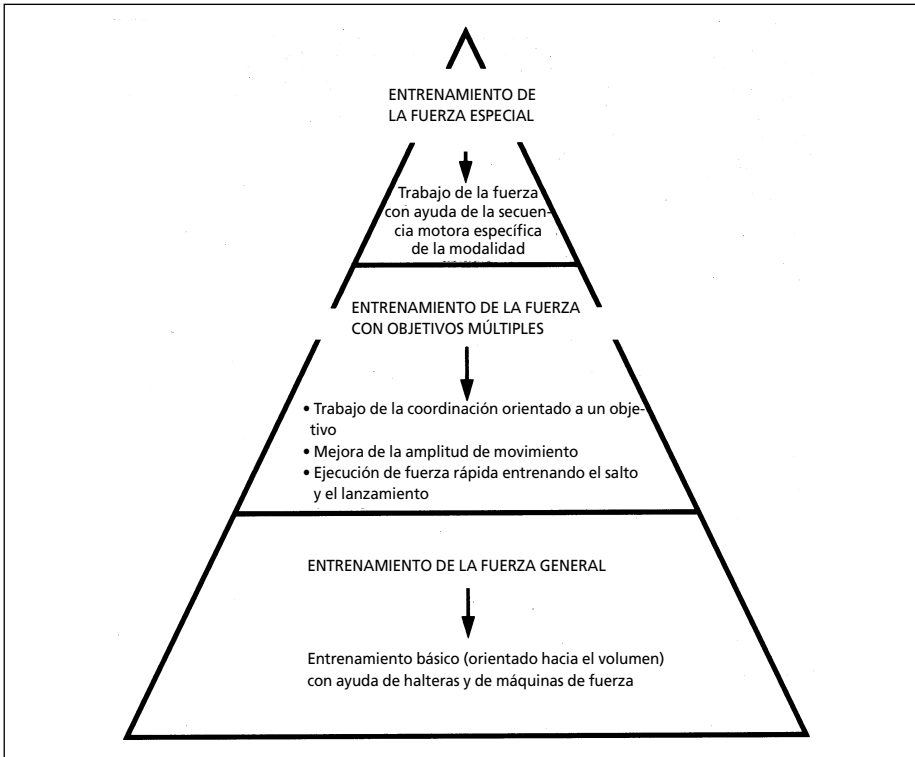


Figura 238. Objetivos del entrenamiento muscular (modificado de Egger, 1992, 36).

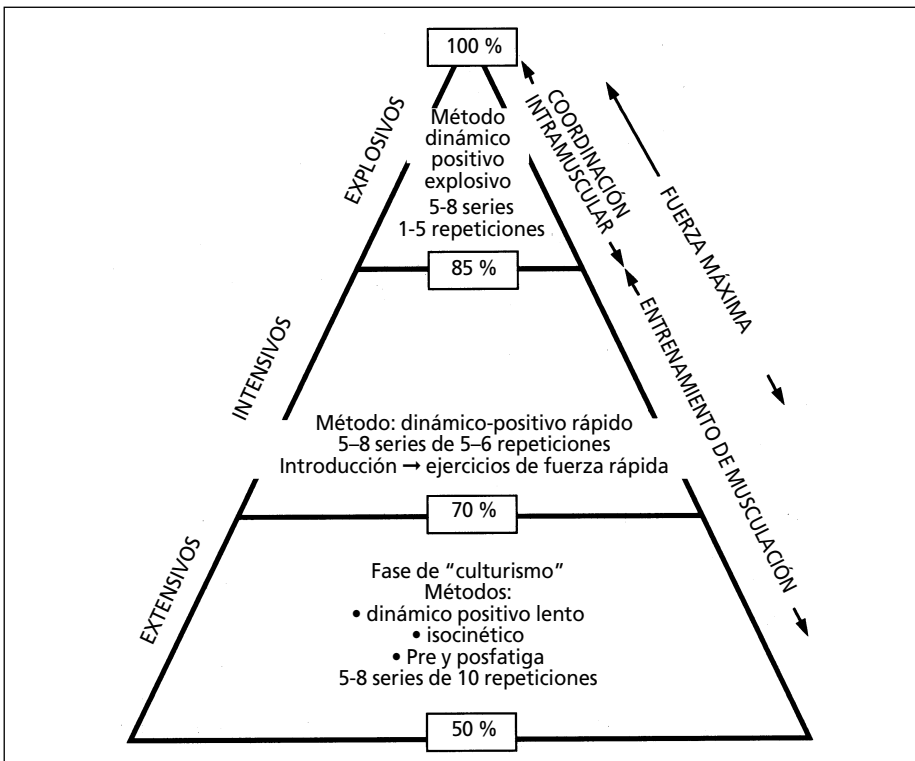


Figura 239. Métodos para incrementar la fuerza máxima en las diferentes etapas del desarrollo de la fuerza, sobre el ejemplo de las modalidades orientadas hacia la fuerza rápida (modificado de Egger, 1992, 42).

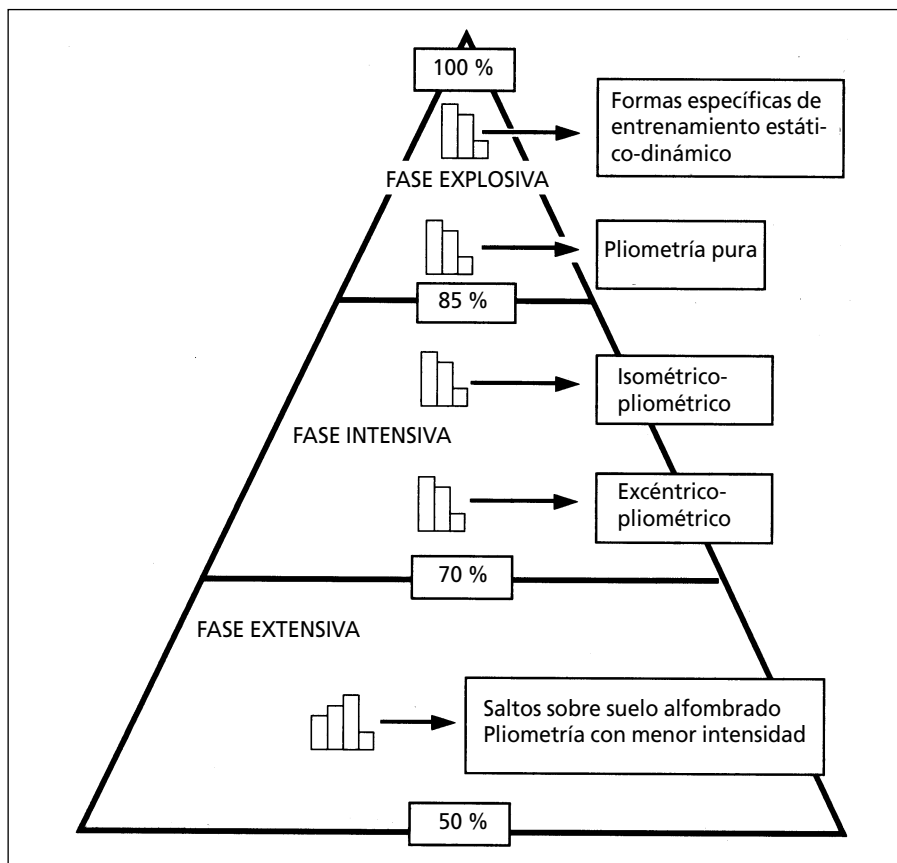


Figura 240. Métodos para el desarrollo de la fuerza rápida en las fases extensiva, intensiva y explosiva (modificado de Egger, 1992, 46).

- *Progresión de la carga sobre el ejemplo del desarrollo de la fuerza de salto*

El escalamiento progresivo de los diferentes métodos, descrito ya en varias ocasiones, se refleja también en el ámbito del desarrollo específico de la fuerza de salto bajo la forma de las fases extensiva, intensiva y explosiva (cf. fig. 240).

Egger (1992, 45) se refiere a la fase extensiva del desarrollo de la fuerza de salto también como “fase preventiva, de profilaxis de las lesiones”.

Los contenidos de esta fase consisten sobre todo en series de saltos, realizadas con pies descalzos sobre superficies alfombradas relativamente blandas. El apoyo en superficie blanda debe entrenar, por una parte, la capacidad de equilibrio y, por otra, la musculatura del pie relevante para dicha capacidad.

El repertorio básico de ejercicios de esta fase está formado por series de saltos de todo tipo (con una pierna, con ambas, hacia delante, hacia atrás, hacia los lados, en vertical, en horizontal, etc.), sumando diez saltos por cada serie.

En la fase intensiva predomina la alternancia de diferentes formas de contracción. La alternancia de ejercicios

concéntricos e isométricos constituye una buena preparación para el posterior entrenamiento pliométrico y estático-dinámico, que antecede a su vez a la preparación inmediata de la competición.

La fase explosiva final incluye ejercicios puramente pliométricos que se combinan con ejercicios estático-dinámicos. La figura 180 muestra algunas posibilidades de combinación.

- *Progresión de la carga integrada en la disciplina*

Desde el punto de vista específico de la modalidad, y en paralelo con el entrenamiento anteriormente descrito para crear unas condiciones de fuerza específica (fuerza máxima y fuerza rápida, con sus secuencias de métodos características), se consolida la forma del deportista en su disciplina propia, descrita aquí sobre el ejemplo de un lanzador de peso.

La figura 241 muestra también aquí la configuración del entrenamiento en tres fases.

En la fase extensiva se practica, en paralelo con la musculación, un entrenamiento técnico multilateral, utilizando aparatos próximos a la disciplina de competición, o bien más pesados o ligeros que éstos. Bartonietz (1992, 7)

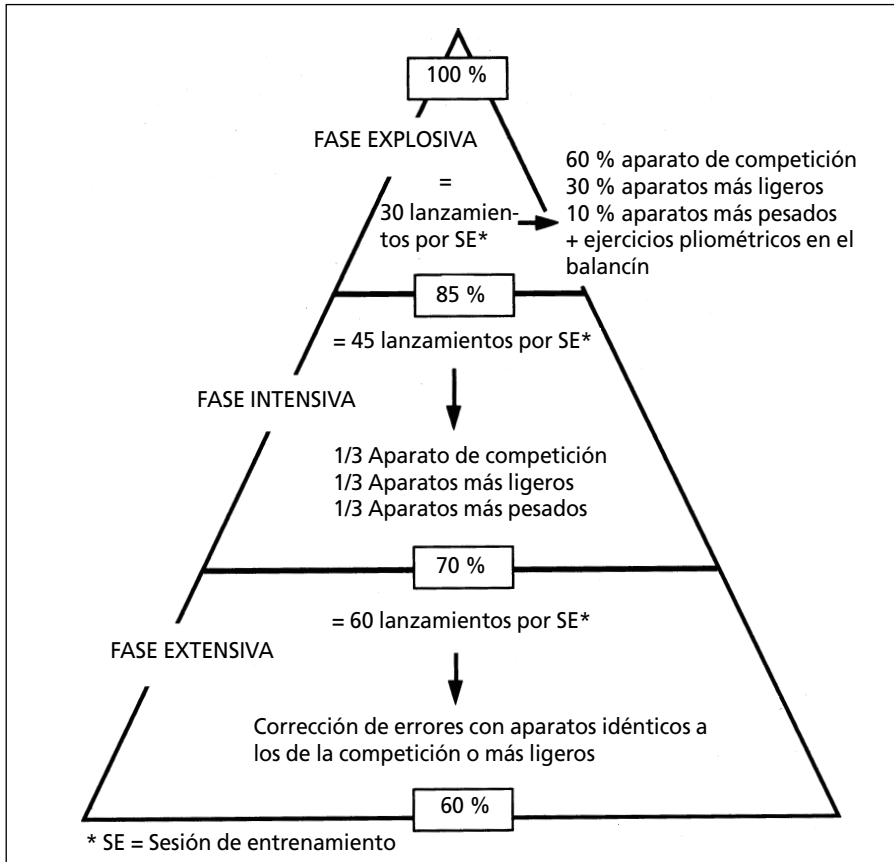


Figura 241. Etapas del desarrollo de la fuerza específica de la modalidad, descritas sobre el ejemplo del lanzamiento de peso como modalidad de fuerza rápida (modificado de Egger, 1992, 49).

defiende el uso de aparatos más pesados, pues necesitan mayores rendimientos de aceleración. Sostiene este autor que en los parámetros biomecánicos decisivos para el rendimiento (p. ej., en los valores de las aceleraciones angulares en los diferentes ámbitos articulares) debe obtenerse, para desarrollar el rendimiento de competición, valores en los ejercicios de entrenamiento de la fuerza mayores que los del propio ejercicio de competición.

Al mismo tiempo señala este autor la problemática del uso de aparatos más ligeros, pues éstos proporcionan rendimientos de aceleración más bajos que los de los aparatos de competición. Éste es, en su opinión, el motivo de que en la práctica no se haya extendido tanto como sería de esperar el uso de aparatos muy ligeros para asentar en un momento temprano los procesos neuromusculares y nervioso-centrales de regulación y conducción en el entrenamiento de la velocidad que deberían necesitarse para los futuros rendimientos de elite (cf. Fröhlich/Lenz/Hauk, 1990; Bauersfeld/Voss, 1992, 49).

Egger (1992, 48) destaca la importancia de elegir el peso del aparato de forma que se corresponda con las relaciones de fuerza momentáneas del deportista y satisfaga de modo aproximado las exigencias de la disciplina de competición.

Importante. Si se trabaja durante un período de tiempo prolongado con un “peso equivocado” (demasiado pesado o ligero), se creará y se fijará un programa motor inadecuado –demasiado lento o rápido–, con el cual se activarán, en determinadas circunstancias, grupos musculares y tipos de fibras musculares diferentes de los que requiere estrictamente el ejercicio de competición. Para evitar la formación de un estereotipo motor erróneo, los pesos de los aparatos no se deberían alejar más de un 10-15 % del peso del aparato de competición. La posterior corrección de la “programación errónea” en una secuencia motora bien pulida es difícil y costosa en términos de tiempo, por lo que se debería evitar a cualquier precio.

En la *fase intensiva*, el interés se centra a partes iguales en un entrenamiento con aparatos de peso elevado, idénticos a los de competición, y en otro entrenamiento con pesos más ligeros. Se aprovecha el contraste entre los diferentes pesos para optimizar la capacidad de rendimiento coordinativo.

Para garantizar una secuencia motora de fuerza rápida debería reducirse el número de repeticiones en relación con la fase precedente.

Si la ejecución del ejercicio no resulta ya posible con fuerza rápida, los contenidos del entrenamiento deberían desplazarse hacia otro ámbito.

En la *fase explosiva* predomina el trabajo con el aparato de competición, pero también se puede utilizar aparatos más ligeros para mejorar las capacidades de velocidad. Además se hace hincapié en el trabajo pliométrico (atrapar un peso y efectuar inmediatamente un lanzamiento, aprovechando el ciclo estiramiento-acortamiento).

La figura 242 presenta un resumen que integra los modelos en tres fases hasta ahora expuestos, sobre el ejemplo del lanzamiento de peso.

En las modalidades de juego, cuya estructura de rendimiento es más compleja que en las disciplinas atléticas orientadas “unilateralmente” hacia la fuerza rápida, resulta imposible orientar el entrenamiento exclusivamente hacia una única cualidad física. Aún focalizando el interés sobre la “condición física” durante la pretemporada 1, en estos casos debe desarrollarse en paralelo otros factores relevantes para el juego. En relación con el trabajo de juego propio de la modalidad, el trabajo físico cumple una función meramente auxiliar para optimizar la capacidad de rendimiento deportivo complejo. En los juegos deportivos rige el siguiente principio: el mejor jugador no es el más fuerte, el más rápido o el de mayor resistencia, sino aquel que domina sin fisuras la técnica y la táctica propias de la modalidad, y que ha desarrollado suficientemente las características físicas relevantes para el juego, ya sea a través de un entrenamiento integrado en el juego (categorías inferiores, con el menor número de sesiones de entrenamiento posible) o a través de un entrenamiento especial o complementario (mayor nivel de rendimiento con el mayor número de sesiones de entrenamiento posible).

Entrenamiento de la fuerza en el período de competición

Durante el período de competición el nivel de fuerza adquirido se debería conservar con la ayuda del llamado “entrenamiento de mantenimiento”, con una sesión semanal como mínimo de trabajo de la fuerza. De esta forma evitamos pérdidas de los niveles de fuerza máxima y de fuerza rápida y conservamos en el nivel necesario factores esenciales de la capacidad de rendimiento deportivo.

En este contexto resultan especialmente indicados los métodos eficaces a corto plazo, que desempeñan también un papel importante en la preparación inmediata de la competición (v. pág. 333).

Como se puede ver en la figura 243, el entrenamiento de mantenimiento desempeña asimismo un papel importante en las modalidades de equipo. Todos los jugadores que han efectuado un entrenamiento de la fuerza durante la temporada –lo mismo se puede decir de otras capacidades físicas– presentan a finales de ésta un mayor nivel de

fuerza en comparación con los jugadores que no lo han hecho.

La falta de un entrenamiento de mantenimiento puede originar también un “desplome de la fuerza”, circunstancia de interés en las modalidades de juego, con sus tiempos de competición largos: pese a la mejora de la capacidad de rendimiento técnico-táctico, se produce una caída del rendimiento en la modalidad especial.

Entrenamiento de la fuerza en el período de transición

Los estudios de Graves y cols, (1989, 318) muestran la importancia que tiene en el ámbito de la fuerza un “entrenamiento de mantenimiento” continuo, esto es, sin descansos vacacionales. Los resultados muestran que un nivel de fuerza adquirido mediante entrenamiento se puede “conservar” casi completamente durante un período de 3 meses con un entrenamiento reducido pero suficientemente intenso, mientras que si el entrenamiento se interrumpe por completo tendremos que contar con una merma drástica de la fuerza (fig. 244).

Los estudios de Kiessling/Viol (1990, 123) muestran que los descansos en el entrenamiento (incluidos los debidos a enfermedad y a lesión) producen con relativa rapidez cambios en la relación “masa muscular activa/reserva de grasa”, y por tanto un empeoramiento de todos los rendimientos de fuerza de salto y fuerza de arranque.

Consecuencias para la práctica del entrenamiento

Los hechos anteriormente expuestos deberían reflejarse en las siguientes consecuencias:

- En el ámbito de rendimiento superior se puede pretender un entrenamiento de la fuerza durante todo el año (cf. también Bisanz, 1989, 26).
- En el período de pretemporada se debería plantear un aumento progresivo de la carga en las diferentes etapas y en todos los niveles (orientación hacia un objetivo, métodos, contenidos, especificidad de la modalidad, etc.), aproximándose de forma ininterrumpida a las cargas de la disciplina de competición y creando los fundamentos necesarios.
- En el período de vacaciones se debe buscar un nivel de fuerza adecuado mediante el correspondiente entrenamiento de mantenimiento o de restablecimiento.
- Durante el período de competición se debe mantener el nivel de fuerza conseguido en la pretemporada mediante una sesión semanal, como mínimo, de entrenamiento de la fuerza, para evitar pérdidas de la fuerza máxima, de la fuerza rápida y de los rendimientos de velocidad.

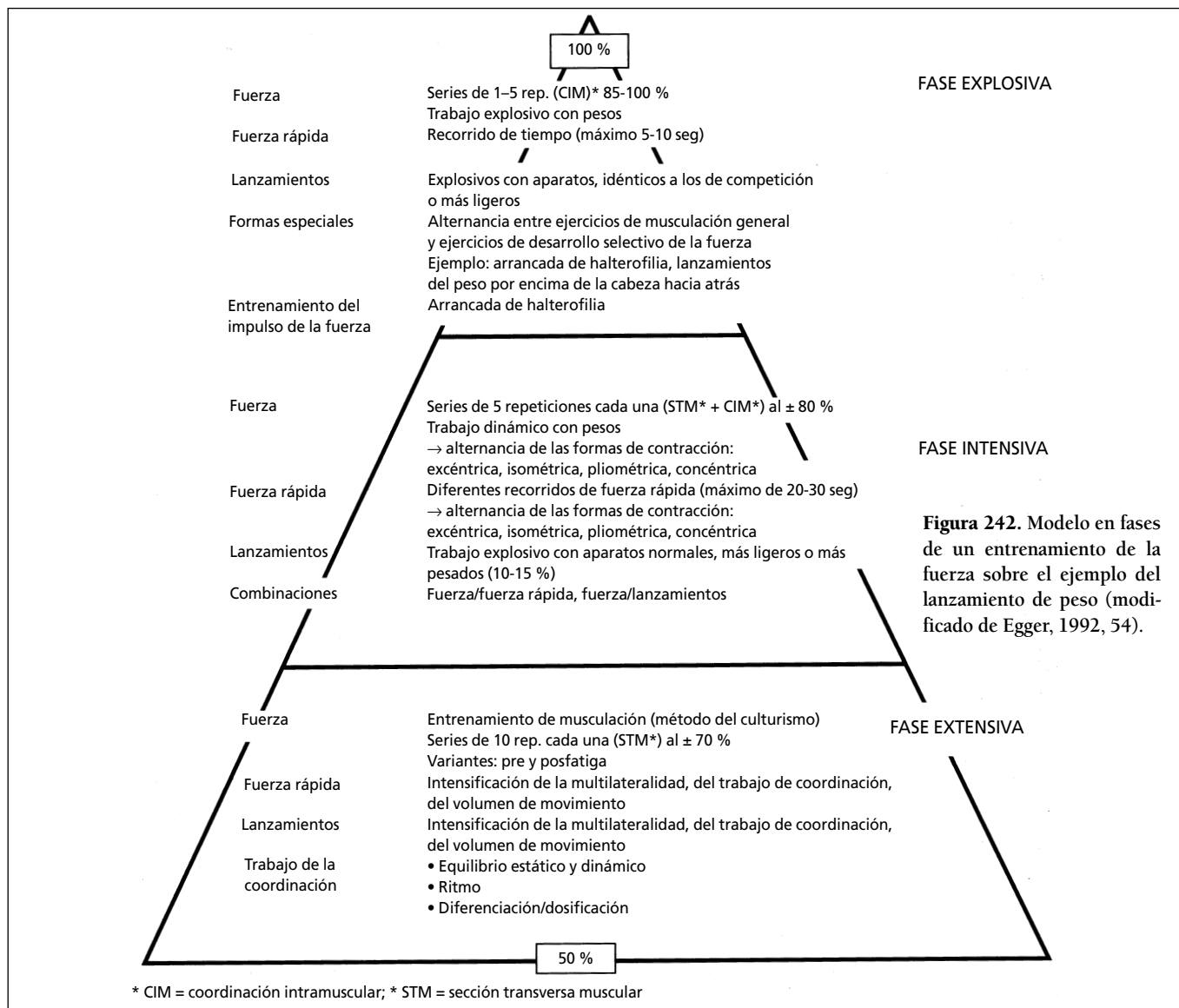


Figura 242. Modelo en fases de un entrenamiento de la fuerza sobre el ejemplo del lanzamiento de peso (modificado de Egger, 1992, 54).

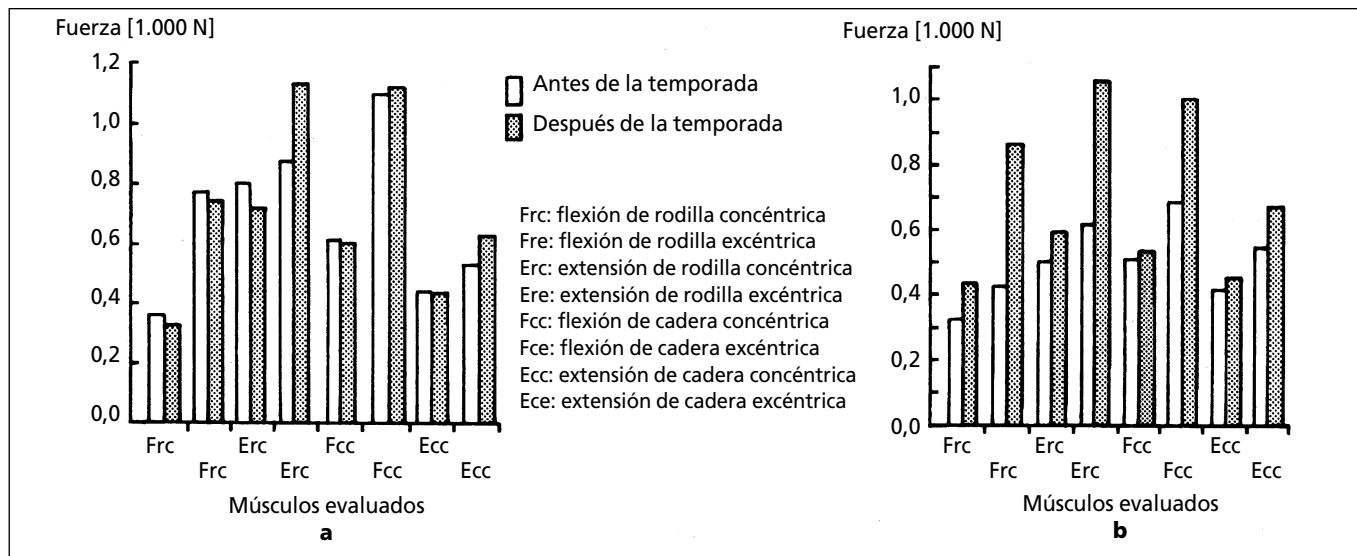


Figura 243. Fuerza isocinética en jugadores de fútbol sin (a) y con (b) un entrenamiento de la fuerza durante la temporada (de De Proft y cols., 1988, 110/111).

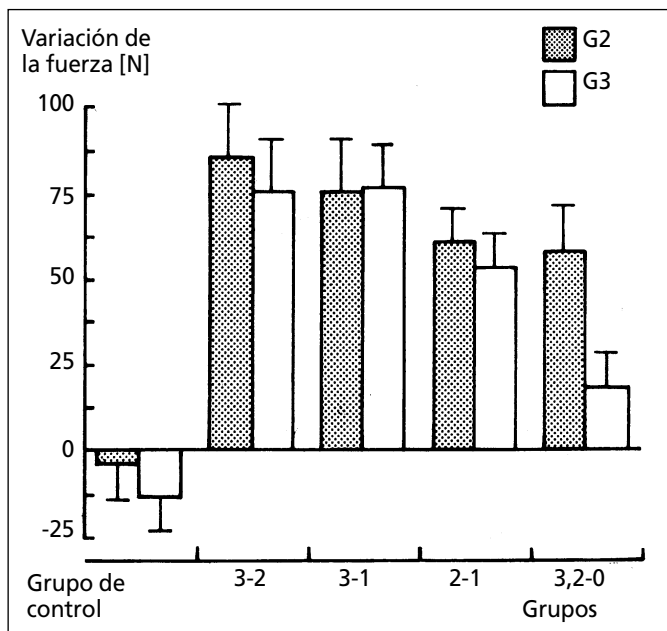


Figura 244. Variación de la fuerza máxima (calculada de forma isométrica) de los extensores de la rodilla en diferentes grupos de entrenamiento, después de un periodo de entrenamiento prolongado (10-18 semanas) (G2) y 12 semanas de entrenamiento reducido (G3). 3-2 = entrenamiento tres veces a la semana reducido a dos veces; 3-1 = entrenamiento tres veces a la semana reducido a una vez; 2-1 = entrenamiento dos veces a la semana reducido a una vez; 3,2-0 = entrenamiento 3,2 veces a la semana reducido a 0 (se interrumpe el entrenamiento) (de Graves y cols., 1988, 318).

Si el entrenamiento de mantenimiento necesario no encaja en el marco del entrenamiento normal por motivos de tiempo o de organización, se debe mantener al deportista en forma mediante el correspondiente programa de trabajo en casa (“deberes”; cf. Rogalski, 1968, 335; Bisanz, 1985, 6; Benedek, 1987, 210; Jerat, 1991, 12). El entrenamiento “bajo dirección propia” exige un deportista intelectualmente preparado, razonable, “maduro” y dispuesto a cooperar.

Aspectos particulares de la planificación y la periodización del entrenamiento de la fuerza

A la hora de practicar los diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza hemos de tener en cuenta que éstos pueden tener un efecto inmediato, retardado y acumulativo.

El conocimiento de estos efectos, temporalmente escalonados, es importante para la planificación del entrenamiento a corto, medio y largo plazo.

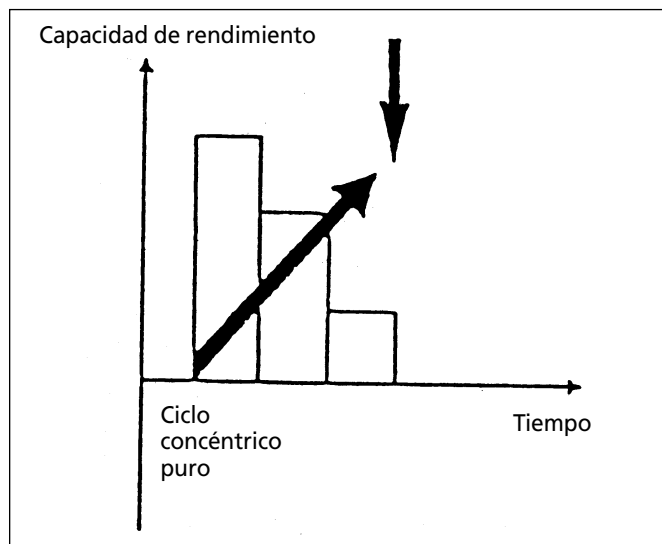


Figura 245. Efecto inmediato de un ciclo de entrenamiento de la fuerza concéntrico “puro” (de Cometti, 1988b, 62).

Entrenamiento concéntrico

El entrenamiento concéntrico (v. pág. 240) produce los efectos que se explican a continuación (cf. Cometti, 1988b, 59 s.):

Efecto inmediato

Las sesiones o ciclos de entrenamiento de la fuerza con trabajo concéntrico –p. ej., mediante movimientos explosivos de extensión de rodilla con halteras (v. pág. 270)– producen una mejora inmediata de la fuerza rápida (fig. 245).

Así pues, el método concéntrico puro resulta tan apropiado como otros (v. pág. 333) para que el deportista “eche chispas” durante la preparación de la competición inmediata.

Después de una única sesión de entrenamiento de fuerza en el sentido del trabajo de musculación (v. pág. 273) (40-60 %, unas diez repeticiones por serie con ritmo medio) el deportista necesita unos 3 días para recuperarse después de una caída temporal (pérdida de la capacidad de rendimiento, sobre todo en el ámbito de la fuerza rápida).

Después de una única sesión de entrenamiento de fuerza en el sentido del *método de intensidad elevada y máxima* (v. pág. 267), dentro de un entrenamiento de pirámide (con cargas decrecientes), el deportista necesita alrededor de 7 días para su restablecimiento.

Dado que un entrenamiento de la fuerza único es un fenómeno más bien aislado, nos interesa sobre todo el efecto inmediato de un ciclo de entrenamiento de una o varias semanas.

Importante. El método de las intensidades elevada y máxima no se debería utilizar con una frecuencia mayor de una vez por semana.

Efecto retardado

Después de un ciclo de 3 semanas de trabajo concéntrico puro –p. ej., mediante movimientos explosivos de extensión de rodilla con halteras (v. pág. 243)– se necesitan otras 3 semanas aproximadamente hasta que tenga lugar la supercompensación (fig. 246). Si el ciclo de entrenamiento se intensifica además con el método de contraste (con un número de series elevado), la aparición de una mayor capacidad de rendimiento puede retrasarse hasta 6 semanas (fig. 246).

Efecto acumulativo del entrenamiento

Por efecto acumulativo del entrenamiento entendemos la posibilidad de conseguir un efecto sumativo combinando de modo razonable métodos de entrenamiento de inci-

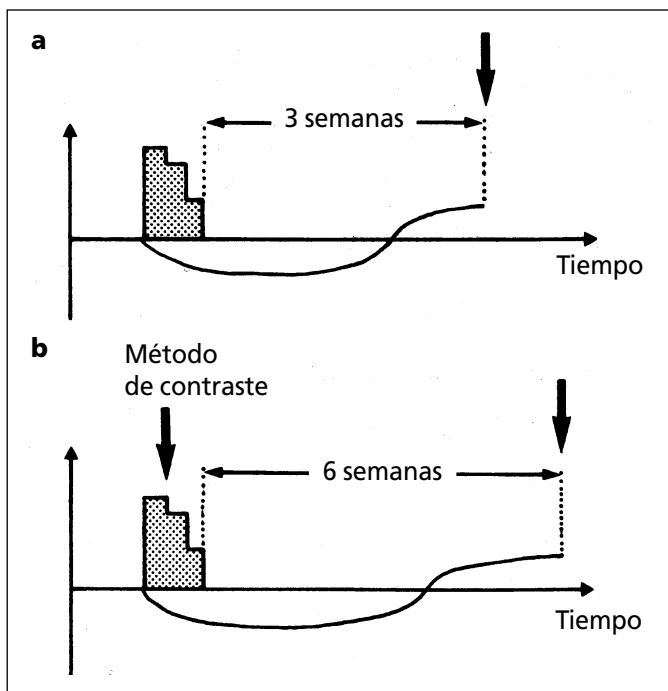


Figura 246. Efecto retardado del entrenamiento después de dos ciclos de fuerza diferentes, de 3 semanas de duración: a) trabajo de entrenamiento concéntrico; b) trabajo de entrenamiento concéntrico intensificado mediante el método de contraste (modificado de Cometti, 1988b, 61).

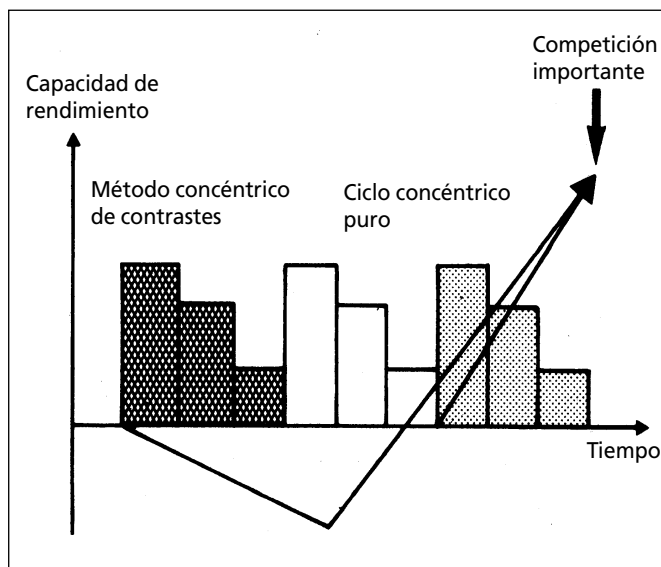


Figura 247. Efecto acumulativo en la combinación de diferentes ciclos de entrenamiento de la fuerza concéntrico, con diferente efecto retardado (de Cometti, 1988b, 62).

dencia (más) lenta y (más) rápida. Como se puede ver en la figura 247, la combinación de, por ejemplo, un entrenamiento de 3 semanas intensificado (mediante el método de contraste) con dos ciclos concéntricos puros, de 3 semanas de duración cada uno, produce un ascenso pronunciado de la fuerza. A la hora de planificar el entrenamiento para el desarrollo de la fuerza rápida hemos de prestar especial atención a este efecto de entrenamiento retardado a largo plazo (cf. también fig. 248). Aquí, después de una etapa de cargas de fuerza voluminosas, nos encontramos con una caída transitoria de la capacidad de rendimiento en fuerza rápida, que se transforma en un ascenso constante de los valores de fuerza rápida, superando claramente el nivel de partida.

La gestión planificada de los efectos de entrenamiento retardados a largo plazo permite al entrenador mantener durante un período de tiempo prolongado un nivel de fuerza elevado en sus atletas, hecho importante sobre todo en las modalidades de juego. De esta manera se evita la “forma precoz” y se consigue estabilizar el estado físico durante un periodo largo, sin posteriores “desplomes”.

Entrenamiento excéntrico

El entrenamiento excéntrico (v. pág. 252) presenta los efectos que se explican a continuación (cf. Cometti, 1988b, 126 s.).

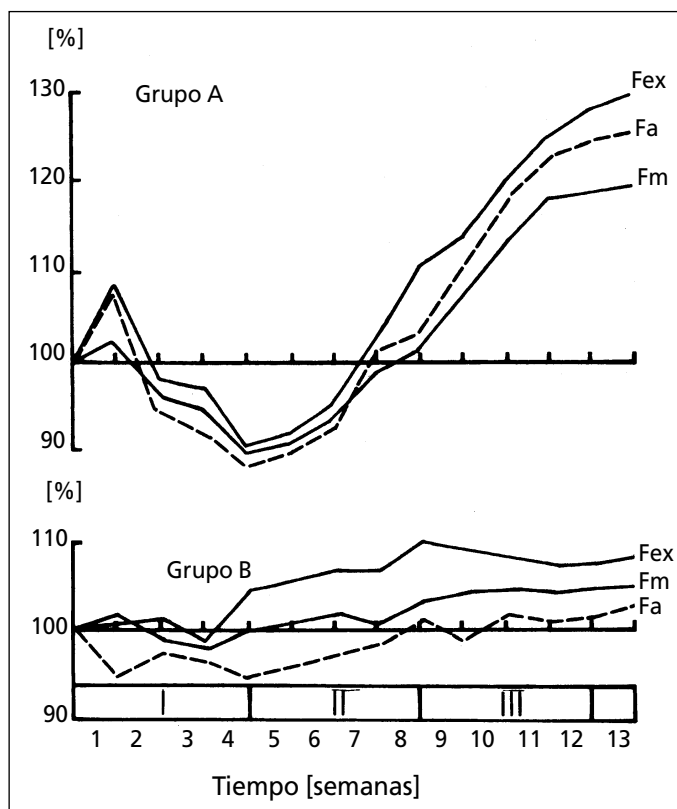


Figura 248. Dinámica del desarrollo de los valores de fuerza rápida después de una etapa de cargas de fuerza intensas, en el sentido de un efecto de entrenamiento retardado a largo plazo. Grupo A = jugadores cuyo trabajo se centró en la fuerza; grupo B = jugadores con entrenamiento complementario tradicional. I = carga de fuerza; II = preparación para la competición inmediata; III = inicio de los encuentros de competición (de Naralie, citado en Verjoyanski, 1988, 112). Fa = fuerza de arranque; Fex = fuerza explosiva; Fm = fuerza máxima.

Efecto inmediato

Si se entrena según el método “120-80” (v. pág. 253), un deportista habituado a este tipo de trabajo experimenta un ascenso inmediato del rendimiento, tanto después de una única sesión como después de un ciclo de 3 semanas. Así pues, este método resulta especialmente adecuado, como ya hemos indicado, para “echar chispas” durante la preparación de la competición inmediata.

No obstante, si el entrenamiento excéntrico se intensifica mediante el método de contraste, el jugador necesitará entre 8 y 10 días para llegar a la fase de supercompensación.

Efecto retardado

Además del efecto inmediato, que con la intensificación del método de contraste aparece después de 8 o 10 días, una sesión de entrenamiento única genera un efecto retardado, que aparece unas 6 semanas después. Un ciclo de 3 semanas de entrenamiento excéntrico intensificado pro-

duce un efecto visible aun 10 o 12 semanas después de efectuado el trabajo.

Así pues, el entrenamiento de la fuerza excéntrico, intensificado por el método de contraste, resulta especialmente apropiado para elevar la capacidad de rendimiento en un momento muy posterior.

La planificación de un ciclo excéntrico según el método de contraste impide –como ya hemos visto en la combinación de métodos concéntricos (v. pág. 329)– que los atletas/jugadores adquieran una forma demasiado temprana y se queden posteriormente “sin nada que añadir”.

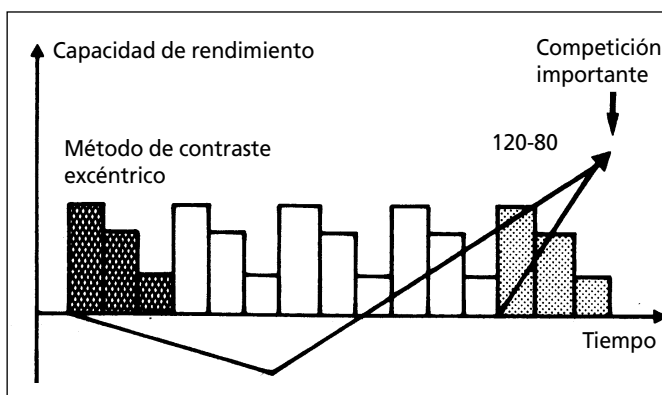


Figura 249. Efecto acumulativo de diferentes ciclos de entrenamiento de la fuerza excéntrico (de Cometti, 1988b, 128).

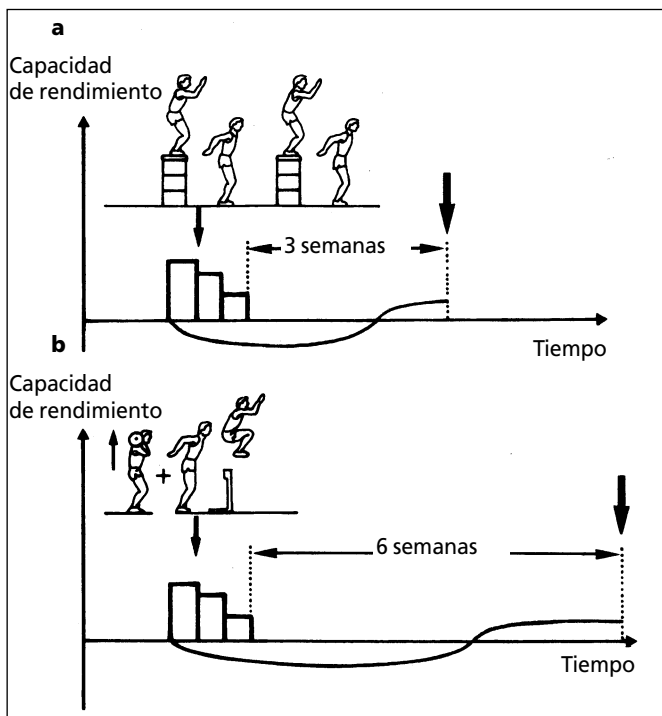


Figura 250. Efecto retardado de las formas de entrenamiento pliométricas: a) “pliometría intensiva”; b) pliometría como “método de contraste” (modificado de Cometti, 1988b, 156).

Efecto acumulativo del entrenamiento

Si combinamos los métodos de entrenamiento excéntricos que actúan a largo y a corto plazo, podemos preparar de forma selectiva a los deportistas para las competiciones importantes (v. fig. 249).

Entrenamiento pliométrico

Al entrenamiento pliométrico (v. pág. 267) se le atribuyen los siguientes efectos (cf. Cometti 1988b, 154):

Efecto inmediato

El efecto inmediato de las formas de entrenamiento pliométricas depende en gran medida de las formas utilizadas. La pliometría “menor” (series de saltos sencillos, variados, carreras de saltos, etc.) sirve para “echar chispas” en la preparación de la competición inmediata; la “pliometría media” (saltar con ambas piernas bancas o vallas) necesita un tiempo de recuperación de 3 días, y la “pliometría intensiva” (saltos desde un plinto alto), 10 días, incluso quince en su forma más intensiva (método de contraste) (fig. 250).

Las formas pliométricas intensivas suponen una carga extrema para el deportista. Su aplicación se debería planificar, por tanto, con poca frecuencia y con un margen de tiempo suficiente de las competiciones importantes.

Efecto retardado

Un ciclo de 3 semanas de “pliometría intensiva” necesita 3 semanas hasta que aparezca la supercompensación, y la forma más intensiva (método de contraste), un mínimo de 6 semanas (fig. 250).

Efecto acumulativo del entrenamiento

La figura 251 muestra el efecto sumativo de dos ciclos pliométricos planificados a largo plazo (combinados con otros ciclos).

Importante. Para no sobrecargar a los atletas –riesgo de “quemarse”– y para no reducir la eficacia de este método de entrenamiento por el efecto de habituación, los ciclos pliométricos intensivos se deberían utilizar con poca frecuencia a lo largo del año (de forma selectiva en las pretemporadas correspondientes, y distribuidos temporalmente de forma correcta). Por el contrario, la “pliometría menor”, que incluye saltos de todo tipo, se puede practicar durante todo el año y con frecuencia.

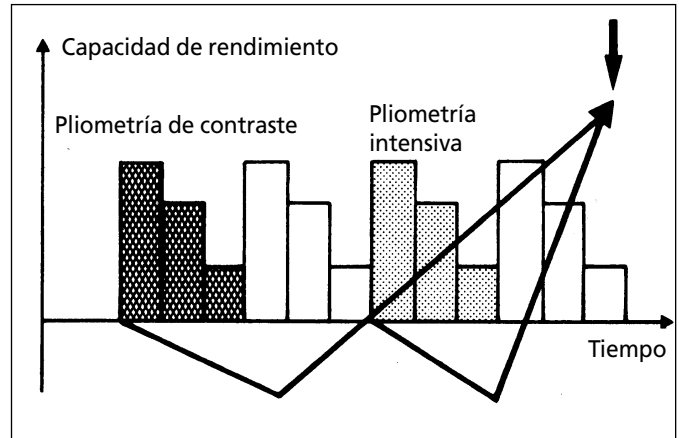


Figura 251. Efecto acumulativo de dos ciclos pliométricos de diferente intensidad de carga (de Cometti, 1988b, 157).

Entrenamiento isométrico

En un entrenamiento isométrico (v. pág. 262) hemos de contar con los siguientes efectos (cf. Cometti, 1988b, 92):

Efecto inmediato

Como ocurría con las formas pliométricas, el efecto inmediato del trabajo isométrico depende de los métodos elegidos en cada momento. Para una sesión de entrenamiento según el “método estático-dinámico” (v. pág. 263) se necesita sólo un día de recuperación como máximo; para la “isometría total” (v. pág. 255) entre 3 y 5 días, y para la “isometría máxima” (v. pág. 263), la estimación se sitúa entre 7 y 10 días (fig. 252).

Importante. Debido a su efecto inmediato, el “estático-dinámico” resulta apropiado para la preparar la competición inmediata.

Efecto retardado

De la realización de ciclos isométricos se puede decir lo mismo que de una sesión de entrenamiento: un ciclo según el “estático-dinámico” no tiene efecto retardado, sino sólo uno inmediato; un ciclo según la “isometría total” requiere un tiempo de unas 6 semanas hasta la aparición del efecto retardado, y un ciclo según la “isometría máxima”, unas 9 semanas.

Efecto de entrenamiento acumulativo

Como se puede ver en la figura 253, una distribución acertada de los métodos isométricos permite conseguir un efecto sumativo favorable a largo plazo.

Como resumen de los métodos isométricos podemos destacar la conveniencia de su ubicación, dentro del esquema anual, a una distancia relativamente grande del inicio de la temporada, y de su utilización como complemento de los otros métodos de entrenamiento de la fuerza, pues no producen mejora alguna de la coordinación intermuscular. El único método eficaz a corto plazo con un componente isométrico es el llamado “entrenamiento contrario”.

Combinaciones de métodos

El cambio de la periodización se hace mediante *combinaciones de métodos* hasta que aparezcan los efectos inmediatos o los retardados.

La figura 254 muestra que la *aparición del efecto*, ya sea *inmediato* o *retardado*, de un régimen de entrenamiento determinado se desplaza hacia atrás cuando se incorpora un segundo método de entrenamiento. Al entrenador le corresponde darse cuenta de esta situación y tenerla en cuenta a la hora de planificar el entrenamiento.

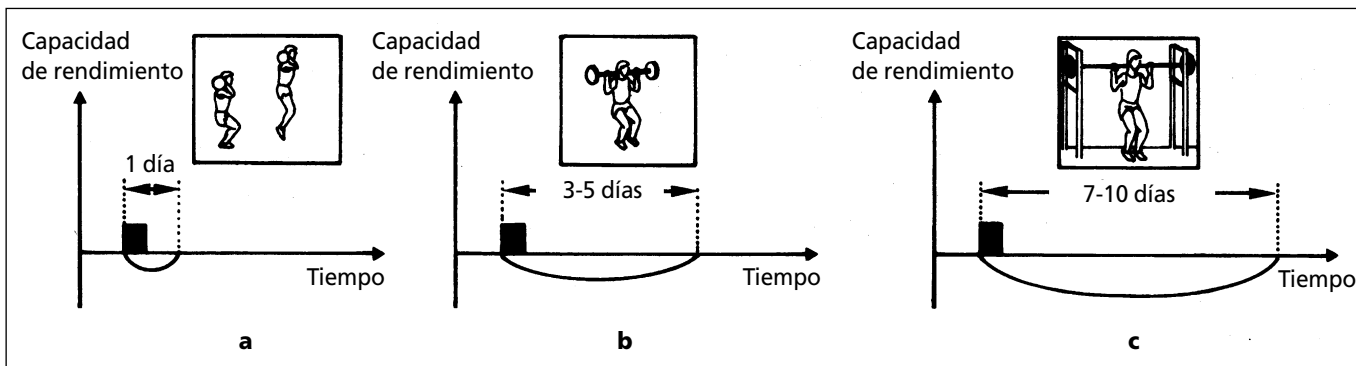


Figura 252. Efecto inmediato de diferentes métodos isométricos: a) método estado-dinámico, b) isometría total, c) isometría máxima (modificado de Cometti, 1988b, 92/93).

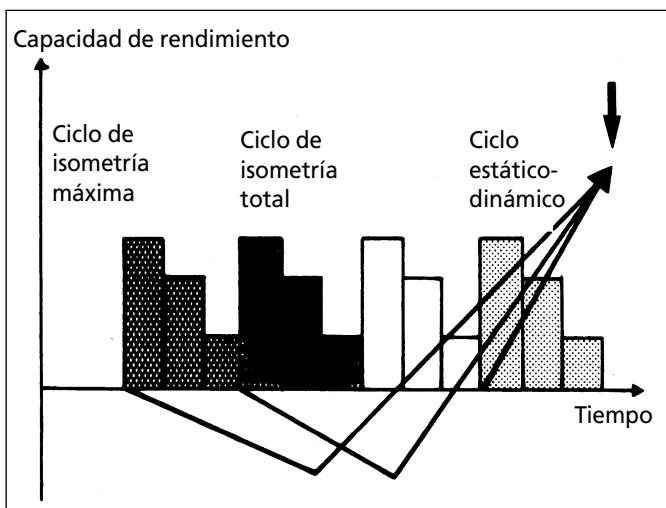


Figura 253. Efecto acumulativo de diferentes métodos isométricos (de Cometti, 1988b, 95).

Consecuencias para la práctica del entrenamiento

Como se puede ver en los apartados anteriores, se trata no sólo de planificar los métodos y ejercicios correctos en el entrenamiento de la fuerza del deportista, sino de ponerlos en práctica en el momento apropiado y en la combinación óptima.

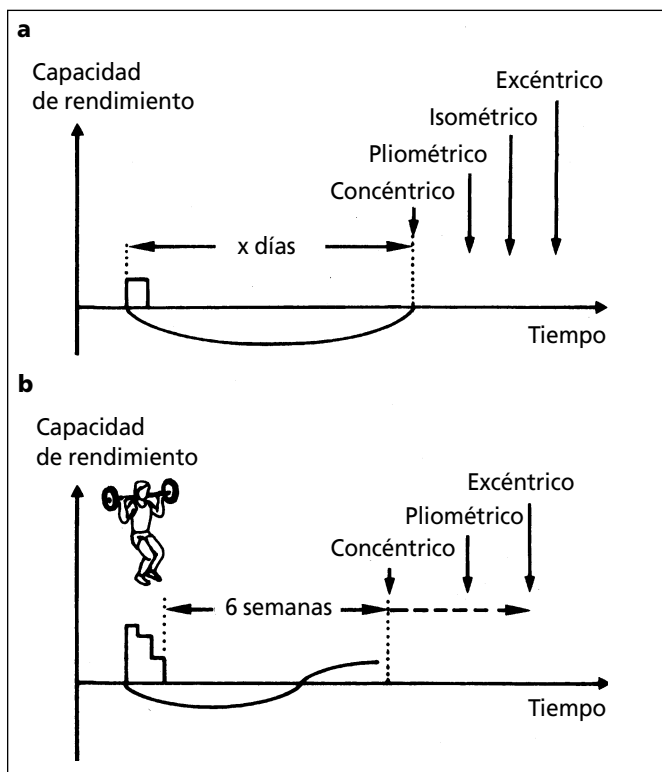


Figura 254. Cambios en la aparición del efecto mediante combinación de diferentes métodos de entrenamiento: a) retraso de la “aparición inmediata del efecto” sobre el ejemplo de un “entrenamiento concéntrico”; b) retraso de la “aparición retardada del efecto” sobre el ejemplo de la isometría total (modificado de Cometti, 1988b, 198).

Método, variación o combinación de métodos	Efecto inmediato: tiempo hasta la aparición de la supercompensación [días]	Aparición del efecto retardado [días/semanas]
Entrenamiento de musculación (40-60 %): • sesión de entrenamiento • ciclo de 3 semanas	3 días	4-6 semanas
Método de la intensidad elevada y máxima, sobre el ejemplo de un entrenamiento piramidal: • sesión de entrenamiento	7 días	
Entrenamiento concéntrico "puro": • sesión de entrenamiento • ciclo de 3 semanas	1 día	3 semanas
Entrenamiento concéntrico, intensificado mediante el método de contraste: • ciclo de 3 semanas		6 semanas
Método excéntrico (120-80): • sesión de entrenamiento • ciclo de 3 semanas	1 día	10-12 semanas
Método excéntrico, intensificado mediante el método de contraste: • sesión de entrenamiento • ciclo de 3 semanas	8-10 días	10-12 semanas
Pliometría sencilla: • sesión de entrenamiento • ciclo de 3 semanas	1 día	2-3 días
Pliometría media: • sesión de entrenamiento • ciclo de 3 semanas	3 días	1 semana
Pliometría intensiva: • sesión de entrenamiento • ciclo de 3 semanas	10 días	2-3 días
Pliometría intensiva, reforzada mediante el método de contraste: • sesión de entrenamiento • ciclo de 3 semanas	15 días	6 semanas
Método estático-dinámico: • sesión de entrenamiento	1 día	
Isometría total: • sesión de entrenamiento • ciclo de 3 semanas	3-5 días	6 semanas
Isometría máxima: • sesión de entrenamiento • ciclo de 3 semanas	7-10 días	9 semanas

Tabla 47. Efecto inmediato y retardado de diferentes métodos de entrenamiento

Para potenciar la fuerza a corto plazo y “echar chispas” antes de las competiciones se puede utilizar los métodos de efecto inmediato como los métodos concéntrico, excéntrico (120-80), pliométrico (pliometría sencilla = saltos de todo tipo) y estático-dinámico.

Para un efecto a largo plazo, en el sentido de evitar la “puesta en forma anticipada” seguida de caída del rendimiento, resultan adecuados sobre todo los métodos concéntrico y pliométrico, siempre que se utilicen en la forma del método de contraste.

Escalonando de forma adecuada los métodos de entrenamiento de efecto inmediato y retardado, el entrenador puede conseguir en sus atletas/jugadores un nivel de fuerza elevado en todo momento, evitando así “desplomes” de la condición física.

La tabla 47 nos ofrece una visión global de la incidencia del entrenamiento en función del tiempo.

Principios metodológicos básicos sobre el entrenamiento de la fuerza

El entrenamiento de la fuerza está sometido a ciertas regularidades, cuyo conocimiento puede influir sustancialmente sobre la eficacia del trabajo efectuado.

Postulados básicos

Deportista no entrenado

- Cuanto menos entrenado esté un deportista, tanto más debería orientarse su entrenamiento hacia el trabajo general y hacia el volumen. El entrenamiento general constituye la base para las cargas de un entrenamiento especial, que se efectuará, dado el caso, en un momento posterior.
- Para conseguir un crecimiento acentuado de la fuerza es suficiente con cargas relativamente escasas (el propio peso del cuerpo, pesos adicionales ligeros como sacos de arena, etc.).
- Para el principiante son suficientes los métodos “blandos”, con un riesgo escaso de lesión, como, por ejemplo, el método positivo-dinámico y el estático.
- Dado que el crecimiento de la fuerza muscular se produce con relativa rapidez y que, en cambio, los procesos de adaptación en el aparato locomotor pasivo (cf. pág. 107) discurren con mayor lentitud, hemos de delimitar un tiempo de adaptación suficiente de las es-

tructuras “rezagadas”, cumpliendo de forma estricta el principio de progresividad.

Deportista entrenado

- Cuanto más entrenado esté un deportista, más diferenciado y específico deberá ser su entrenamiento. El entrenamiento específico exige la utilización de contenidos especiales y se concentra sobre todo en los músculos participantes en la secuencia motora deportiva. La configuración óptima del entrenamiento exige un conocimiento profundo de las relaciones anatómico-funcionales y de los factores relevantes para el rendimiento.
- Para continuar desarrollando su nivel de fuerza, el deportista de elite necesita métodos “duros”, como, por ejemplo, el entrenamiento pliométrico o excéntrico.

Otros postulados

- No entrenar la fuerza sin efectuar un trabajo paralelo de estiramiento.
- Un tono muscular siempre elevado como consecuencia de un entrenamiento de la fuerza crónico empeora la capacidad de recuperación del músculo después de la carga. Sin embargo, si el músculo se estira después del trabajo de fuerza, el tono muscular puede disminuir y el tiempo de recuperación después de la carga se puede reducir. Esta circunstancia interesa sobre todo a los deportistas que realizan varias sesiones de entrenamiento al día, como ocurre en el deporte de alto rendimiento.
- Los músculos acortados son más susceptibles a las lesiones. En este sentido, el estiramiento desempeña una eficaz profilaxis de las lesiones.
- Desarrollo armónico de agonistas y antagonistas.

Para evitar un desarrollo unilateral de la musculatura, el deportista debería entrenar no sólo los músculos importantes para el rendimiento deportivo (agonistas), sino también sus contrarios. En efecto, si predomina un grupo muscular debido a un entrenamiento unilateral y forzado, se producirán alteraciones negativas que incidirán desfavorablemente sobre la capacidad de rendimiento del músculo, su capacidad de recuperación y su propensión a lesionarse.

- Un entrenamiento unilateral origina un acortamiento crónico del músculo muy entrenado. El proceso va asociado a una caída en el desarrollo de su fuerza.



- Un entrenamiento unilateral altera el equilibrio de fuerzas de los músculos que actúan sobre una articulación. De esta forma se modifica la posición media fisiológica en dicha articulación. El incremento de la carga asociado a dicho entrenamiento puede originar síntomas degenerativos precoces por deterioro de los tejidos.
- Un entrenamiento unilateral puede agravar los vicios posturales –ejemplos típicos son la preferencia por consolidar la musculatura extensora en las modalidades atléticas de lanzamiento o el fortalecimiento unilateral de los músculos de la espalda mientras se descuidan los abdominales–, que comportarán el correspondiente cuadro sintomático doloroso (sobre todo el dolor de espalda tan frecuente entre los deportistas).
- El estiramiento previo de los antagonistas optimiza el fortalecimiento de los agonistas.
Si antes de iniciar el entrenamiento de fuerza se estira el antagonista del músculo sobre el que se centra el trabajo, la llamada inhibición recíproca produce una acentuada relajación del agonista. De esta manera sensibilizamos y activamos en gran medida al agonista con vistas al entrenamiento de la fuerza.
- No practicar en ningún caso un entrenamiento específico de la fuerza si éste no va precedido de un entrenamiento general de la fuerza.
- Evitar el entrenamiento unilateral, sólo específico de la modalidad. Todo entrenamiento específico de la modalidad debe ir acompañado de un entrenamiento complementario, que evite el riesgo de desequilibrios musculares y sus consecuencias desfavorables, fortaleciendo los grupos musculares descuidados en el entrenamiento principal.
- Utilización adecuada del repertorio de ejercicios.

Distinguimos entre ejercicios de desarrollo *general* y *específico* y *ejercicios de competición* (cf. también pág. 20).

Los *ejercicios de desarrollo general* predominan en las etapas de principiantes y de consolidación, y tienen un carácter general en lo que se refiere tanto a los métodos y contenidos como a los grupos musculares entrenados. La tarea del entrenamiento general no sólo consiste en crear unas condiciones generales para el posterior desarrollo del rendimiento. Debe impedir además, sobre todo en las modalidades que exigen un trabajo extremo de la fuerza, la formación de una “barrera de la fuerza”, que se podría desarrollar sobre todo en el entrenamiento juvenil debido a la práctica unilateral de ejercicios especiales o de competición.

Como muestran los estudios de Kawakami/Hirano (1993, 23), un entrenamiento de los fundamentos generales de la fuerza en sujetos más o menos principiantes favorece también progresos en el rendimiento específico.

Los *ejercicios especiales* o *ejercicios de desarrollo específico* tienen que coincidir con el ejercicio de competición en lo esencial de su estructura parcial y su secuencia fuerza-tiempo (cf. Harre, 1976, 130). Estos ejercicios son característicos de las etapas de entrenamiento avanzadas y de alto rendimiento.

Finalmente, los *ejercicios de competición* no deberían sufrir desviaciones sustanciales en su estructura ni en su secuencia fuerza-tiempo, de forma que se entrenen los correspondientes músculos o grupos musculares en su coordinación parcial o total típica (Harre, 1976, 130).

Entrenamiento de la fuerza en las edades infantil y juvenil

Un entrenamiento de la fuerza adecuado a niños y a jóvenes desempeña un papel importante dentro de una formación física general y multilateral.

Importancia del entrenamiento de la fuerza en las edades infantil y juvenil

El valor general del trabajo de fuerza realizado en la edad infantil, ya sea integrado en el entrenamiento o como tarea añadida (“deberes”), proviene de una serie de necesidades de muy distinto cuño:

1. Dependiendo de las diferentes estadísticas, entre un 50 y un 65 % de nuestros alumnos presentan en la actualidad debilidades corporales (cf. Dordel, 1975, 40). Como, evidentemente, la escuela no es capaz de compensar en la clase de educación física el déficit de fuerza (no sólo de la musculatura del tronco, sino también de las extremidades) originado por la carencia crónica de movimiento, el club deportivo –p. ej., el club de fútbol– tiene que hacerse cargo de esta tarea. Para ello se necesita, en la medida de lo posible, la colaboración con la escuela. En efecto, la asistencia de los niños al club alcanza su punto álgido entre los 6 y 8 años de edad (cf. Gerisch/Beyer, 1990, 22), y esta etapa es la que acusa en mayor medida la obligación de permanecer sentados impuesta por la escuela (no sólo en clase, sino también haciendo los deberes en casa): en los dos primeros años escolares las debilidades posturales aumentan un 70 %; en el mismo período, el porcentaje de niños obesos (con sobre-

peso) pasa de un 3 % a más de un 20 %. Inversamente, al aumentar la adiposidad, desciende la capacidad de rendimiento deportivo, sobre todo en los ámbitos donde se solicita la fuerza muscular, la velocidad y la resistencia general (cf. Wasmund-Bodenstedt, 1985, 108). Por ello resulta absolutamente necesario un entrenamiento de la fuerza selectivo y adecuado a la edad, en el sentido de una profilaxis postural y de la mejora de la capacidad de rendimiento deportivo.

Por una serie de motivos (las horas de educación física son pocas, el número de niños suele ser grande y la formación deportiva de los maestros presenta aún demasiadas carencias; una estadística reciente da la cifra de casi un 90 % de maestros sin ningún tipo de formación para esta asignatura, que imparten sin embargo por obligación) la escuela –en nuestro caso la escuela primaria– es incapaz de prevenir estas carencias generales de la fuerza, e incluso las acentúa; los clubes deberían, por tanto, ocuparse de superar estas debilidades con el correspondiente plan de entrenamiento.

Interesa señalar también que los alumnos más débiles, no entrenados, mejoran en gran medida con la ayuda de un entrenamiento dosificado de la fuerza. Con un coste relativamente escaso se puede obtener una mejora enorme del rendimiento: con un entrenamiento de 8 semanas (tres veces 20 minutos a la semana), Breuning (1985, 18) consiguió un descenso del déficit de fuerza* de entre el 15,4 % y el 74,3 % (!).

2. En la época de los estirones del crecimiento infantil el aparato locomotor es especialmente sensible a los estímulos de entrenamiento. En estas “fases sensibles” el aparato locomotor infantil reacciona de forma particularmente favorable ante los estímulos del entrenamiento de la fuerza. El entrenador debería aprovechar esta circunstancia, no sólo por motivos de optimización del rendimiento momentáneo, sino también por la mejora de los fundamentos generales para el posterior desarrollo.

Como muestran numerosos estudios, los niños que entrenan, por ejemplo, la fuerza rápida regularmente, o de forma intensa pero pronunciada (“en bloque”), consiguen progresos considerables frente a los grupos de control que no entrenan (cf. Gapon/Gomberadze, 1973, 233; Letzelter, 1981, 1; Breuning, 1985, 16; Diekmann/Letzelter, 1987, 284; Ramsay y cols., 1990, 610; Steinmann, 1990, 334; Umbach/Fach, 1990, 361). A esto se añade la constatación de una mejora abrupta del comportamiento motor en los niños en paralelo con el aumento de la fuerza en todas las modalidades: la fuerza

adquirida permite movimientos más dinámicos, fluidos y precisos. Así pues, un entrenamiento de la fuerza regular y adecuado a los niños desarrolla unas condiciones que incidirán por múltiples vías sobre la mejora de la capacidad general de rendimiento deportivo.

3. Un entrenamiento exclusivamente específico de la modalidad, sólo con formas de carga típicas de la modalidad, provoca una carga muscular unilateral. Algunos grupos musculares se entrenan con gran intensidad (p. ej., la musculatura de carrera y salto de las piernas), mientras que otros ámbitos musculares se descuidan lamentablemente (p. ej., la musculatura de los hombros o del tronco). De esta forma pueden producirse desequilibrios musculares ya en la edad infantil (se observan de hecho con mucha frecuencia), que obstaculizan el posterior desarrollo del rendimiento favoreciendo las lesiones musculares (v. también pág. 303; cf. Eigenmann, 1986, 32; Medler, 1990, 9). El entrenador de deporte de base tiene que plantear un entrenamiento complementario selectivo (v. pág. 305).

Ocurre a menudo que niños y jóvenes no alcanzan su capacidad de rendimiento potencial en el deporte por la única razón de que los estímulos de desarrollo aplicados sobre el aparato postural y locomotor fueron en su momento insuficientes o demasiado unilaterales.

Para reconocer a su debido tiempo una debilidad postural progresiva en la práctica de entrenamiento y en la escuela, y para evitar el posterior desarrollo de ese daño postural (alteraciones irreversibles en el aparato de sustentación pasivo), los llamados “tests mínimos” (fig. 255) han demostrado un alto grado de eficacia. Los niños o jóvenes incapaces de producir estos rendimientos deberían recibir un apoyo especial mediante el correspondiente entrenamiento de la fuerza (entrenamiento de musculación).

Test de Kraus-Weber para examinar el rendimiento muscular mínimo (cf. fig. 255):

1. Decúbito supino, manos en la nuca. El preparador fija los pies del sujeto que efectúa el test.
Realización: enderezamiento lento con las manos en la nuca hasta la posición sedente.
2. Decúbito supino, manos en la nuca, rodilla flexionada. El preparador fija los pies del sujeto.
Realización: como en 1.

* Déficit de fuerza = diferencia entre fuerza máxima voluntaria y fuerza máxima potencial del individuo.

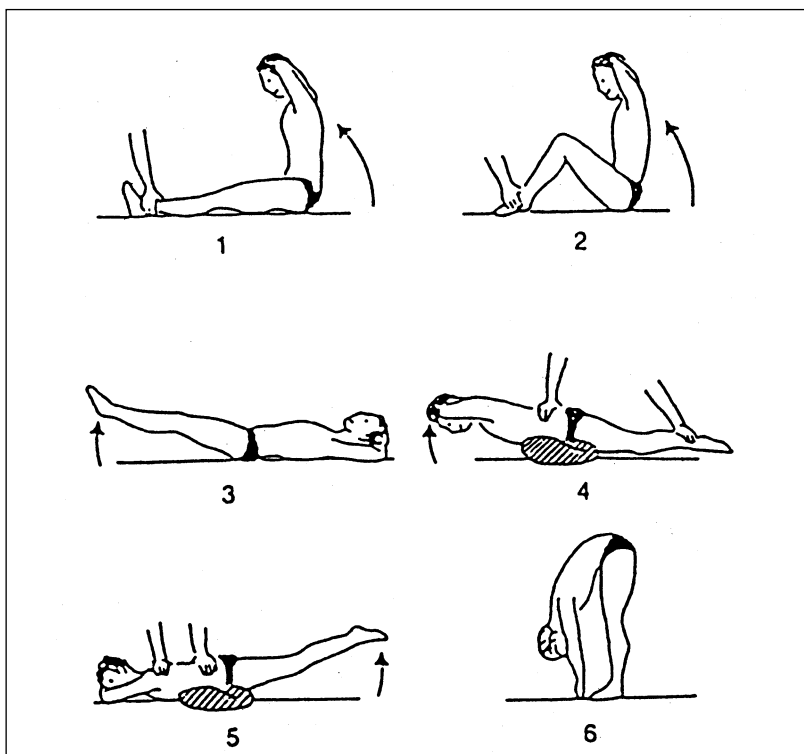


Figura 256. Test de Kraus-Weber. Prueba de movimiento para examinar el estado funcional de la musculatura del tronco (de Kraus/Raab, 1964, 24).

3. Decúbito supino, manos en la nuca, piernas extendidas.

Realización: con las rodillas extendidas mantener los pies 10 segundos 30 cm por encima del suelo.

4. Decúbito prono con un cojín bajo el vientre. Manos en la nuca. El preparador fija pies y caderas.

Realización: elevar el tronco y mantener durante 10 s.

5. Decúbito prono con un cojín bajo el vientre. Manos en la nuca. El preparador fija espalda y caderas.

Realización: elevar las piernas extendidas y mantenerlas 10 s en alto.

6. De pie sin zapatos, las manos a los lados, pies cerrados.

Realización: con las rodillas extendidas inclinarse lentamente e intentar tocar el suelo con las puntas de los dedos.

Como se puede ver, con estos movimientos examinamos la capacidad de los grandes músculos del tronco y de la cadera para mover el peso del propio cuerpo.

Para el organismo en crecimiento es especialmente importante la práctica de un *entrenamiento dinámico* que aplique estímulos de acortamiento y estiramiento sobre la musculatura.

Como muestran los trabajos de Williams/Goldspink (1971, 759) y Fischbach/Robbins (1969, 305 s.), en el músculo en crecimiento se produce un aumento de las sarcómeros conectados en serie (cf. pág. 338) y por tanto una adaptación en términos de longitud. Dicho aumento se produce en una medida escasa o nula si el entrenamiento es exclusivamente isométrico, o si el trabajo muscular es escaso o nulo (el caso extremo sería la inmovilización después de una lesión).

Un entrenamiento dinámico con estímulos de estiramiento adecuados produce un aumento de la longitud del músculo, elevando el potencial de fuerza de dicho músculo sin que se observe un aumento de su sección transversa. Ello interesa sobremanera para la musculatura postural próxima a las articulaciones de la espalda, pues dicha musculatura apenas suele recibir estímulos para la adaptación de su longitud.

Para impedir lesiones en el aparato locomotor —especialmente entre los jóvenes deportistas de rendimiento— se ha de evitar sobre todo una especialización precoz, con el consiguiente entrenamiento unilateral de la musculatura, ya que en esta situación puede producirse una sobrecarga del sistema esquelético, capaz de alterar, en determinadas circunstancias, la armonía del crecimiento y los procesos de maduración (cf. Morscher, 1975, 9).

Como resumen, podemos afirmar que un entrenamiento de la fuerza en las edades infantil y juvenil sirve para optimizar el rendimiento y para prevenir vicios posturales y lesiones. Debido a las estrechas relaciones entre las capacidades físicas –en nuestro caso la fuerza– y las destrezas deportivas, la consolidación de este factor físico del rendimiento a su debido tiempo y en consonancia con la edad reviste una importancia fundamental para el posterior desarrollo del rendimiento (cf. Gropler/Thiess, 1973, 499 s.).

Riesgos del entrenamiento de la fuerza en las edades infantil y juvenil

Para desarrollar la fuerza hemos de prestar atención a las particularidades del organismo en crecimiento: la estructura ósea del niño y del joven es más elástica por presentar menos acumulaciones de calcio, pero por este mismo motivo es menos resistente a la presión y la torsión. Como consecuencia, el aparato locomotor pasivo presenta una capacidad de carga reducida en comparación con el adulto –la osificación del sistema esquelético no está cerrada hasta un momento situado entre los 17 y los 20 años de vida– (cf. Bringmann, 1973, 845).

No obstante, en el aparato locomotor pasivo se puede provocar también, mediante efectos de tracción y de presión debidos a la actividad muscular, estímulos formativos y, por tanto, síntomas de adaptación, visibles en la estructura ósea (capa cortical más gruesa, huesos más anchos, orientación de las trabéculas de la esponjosa de acuerdo con las líneas de presión y de tracción) y en la mayor resistencia del tejido conjuntivo frente a la tracción, entre otros síntomas.

Dado que el entrenamiento de la fuerza, por la acción de los mecanismos reguladores de la fatiga, apenas produce sobreentrenamiento en la musculatura, no hay que temer daños en ésta debidos a entrenamiento forzado. Así pues, los daños originados por el deporte en el aparato locomotor se limitan casi exclusivamente a la parte pasiva (v. Morscher, 1975, 8).

Para evitar daños en el aparato locomotor deben tenerse en cuenta las siguientes indicaciones acerca del entrenamiento de la fuerza en niños y jóvenes (cf. Badtke, 1987, 261; Freedson/Ward/Rippe, 1990, 57 y otros):

- A la hora de elegir, dosificar y poner en práctica las herramientas auxiliares, se debe tener en cuenta siempre la capacidad de carga de los tejidos óseo y cartilaginoso.
- Durante la realización se ha de evitar cargas inadecuadas para el aparato locomotor, sobre todo de la columna vertebral.

- Ciertos ejercicios aparentemente inocuos, apropiados para niños, conllevan riesgos siempre que se utilicen regularmente como ejercicios de entrenamiento.
- Los ejercicios con compañero son atractivos; sin embargo, el peso corporal del compañero como carga añadida no suele ser adecuado en el entrenamiento con adolescentes.
- Las exigencias planteadas a las capacidades de fuerza en el entrenamiento y el juego orientados hacia el rendimiento son también elevadas para los niños. El aparato locomotor, aún no consolidado, “digiere” mejor estas exigencias cuando se han creado condiciones de fuerza favorables.
- El entrenamiento tiene que controlarse con exactitud para minimizar el riesgo de lesión.
- Si existe la posibilidad de aumentar la carga, se debe incrementar primero el número de repeticiones y sólo después la cuantía de la carga.
- En los jóvenes talentos, que se esfuerzan tal vez por emprender una carrera profesional, debe crearse en un momento temprano las condiciones de fuerza para proteger el aparato locomotor. Un cuerpo sano por los cuatro costados es el mejor capital del deportista profesional (Knebel/Herbeck/Hamsen, 1988, 104).
- La idea, formulada a menudo, de que al aumentar el trabajo de la fuerza aumenta también el deterioro de huesos, ligamentos y articulaciones carece de todo fundamento: la función mantiene la forma y no al revés (Klümper, citado en Umbach/Fach, 1990, 354).
- El principio de la carga progresiva presupone la correspondiente capacidad de asumir carga. Ésta necesita a su vez un proceso de formación para que la carga de entrenamiento, en aumento progresivo, se pueda procesar en sentido positivo y no origine sobrecargas en el aparato locomotor (cf. Berger/Hauptmann, 1989, 422).
- La masa muscular, y con ella la fuerza, aumenta con el paso de los años (v. pág. 225). El dato se ha de tomar en consideración a la hora de planificar la cuantía de un posible peso suplementario.

Atención. El hecho de que la disposición al rendimiento en el ámbito del aparato postural y locomotor sea menor en el organismo infantil o juvenil no es un argumento en contra, sino a favor, de la necesidad de un fortalecimiento de la musculatura. El problema radica en la correcta dosificación de los estímulos (Jonath, 1974, 136).

Métodos y contenidos del entrenamiento de la fuerza en las diferentes etapas de la edad infantil

Entrenamiento de la fuerza en las edades preescolar, escolar temprana y escolar tardía

• Edad preescolar

En la *edad preescolar* el entrenamiento de la fuerza en su sentido estricto no resulta indicado. En esta edad se trata principalmente de encauzar de una forma útil la pulsión por el movimiento, normal en los niños, hacia un desarrollo general variado y extenso del aparato locomotor activo y pasivo, generando estímulos suficientes para el crecimiento óseo y el desarrollo de los músculos.

Para esta edad consideramos apropiada sobre todo la *gimnasia de obstáculos* en lugares de escalada, con pirámides de cuerda, aparatos de apoyo, de suspensión, de tracción y similares, que resulten adecuados a cada nivel de fuerza y soliciten de múltiples maneras los diferentes grupos musculares.

• Edad escolar temprana

(entre 6 y 10 años)

En la edad escolar temprana se sitúa en un primer plano el fortalecimiento lúdico, variado, ameno y armónico (bilateral) del aparato locomotor y de sustentación.

No obstante, se puede encauzar ya de forma selectiva la pulsión que los niños sienten por el movimiento, todavía muy pronunciada, hacia un entrenamiento de la fuerza adecuado a la edad.

El *método de entrenamiento* exclusivo es el entrenamiento dinámico, pues el organismo infantil, debido a la escasa capacidad anaeróbica, carece de condiciones favorables para el trabajo muscular estático. El trabajo de entrenamiento corresponde fundamentalmente a la *fuerza rápida*.

Los estudios de Crasselt/Israel/Richter (1984, 425) muestran claramente que el desarrollo de la fuerza de salto presenta sus mayores tasas de crecimiento en las edades infantil y juvenil (fig. 256). Con un entrenamiento específico de la fuerza rápida el aumento debido al crecimiento se puede mejorar a su vez de forma sustancial. En los estudios de Diekmann/Letzelter (1987, 284) se observa también que el entrenamiento de las cualidades de fuerza rápida es especialmente favorable ya en la edad de la escuela primaria.

Con un entrenamiento realizado durante 12 semanas, con dos sesiones semanales (30-35 minutos) se consiguien-

ron aumentos del rendimiento significativos en el grupo de entrenamiento en todas las versiones de la fuerza rápida (fuerza de salto, fuerza de lanzamiento, fuerza de esprint; aquí las tasas de aumento se deben exclusivamente al crecimiento corporal).

La figura 257 muestra las diferencias en el desarrollo del rendimiento sobre el ejemplo de la fuerza de salto vertical (v. también pág. 342).

Steinmann obtuvo resultados parecidos con alumnos de entre 11 y 14 años. Con un entrenamiento en circuito realizado una vez a la semana durante 8 semanas se obtenían ya mejoras considerables del rendimiento en todos los ámbitos de la fuerza.

Tanto la fuerza máxima como la fuerza rápida muestran un ascenso de rendimiento significativo. Sin embargo, llama la atención el hecho de que con dos sesiones de entrenamiento por semana los porcentajes de aumento lleguen casi a duplicarse (tabla 48).

La mejora de rendimiento en la fuerza de salto horizontal y vertical se puede observar en las figuras 258 y 259.

Dado que los niños más jóvenes no pueden concentrarse durante largo tiempo en una tarea, el *entrenamiento en circuito* (v. pág. 268) ha demostrado una especial eficacia en esta edad: se satisface la necesidad infantil de rendimientos aislados a corto plazo y se garantiza una buena formación general del sistema muscular (cf. Koske/Klimt, 1978, 226; Scholich, 1979, 85). El método del entrenamiento en circuito está indicado en todo el período juvenil para incrementar el rendimiento, tanto en el ámbito de la fuerza y la resistencia de la fuerza como en el de la fuerza rápida.

La ventaja de este método radica en la posibilidad de una organización amena y variada dependiendo de la capacidad de rendimiento individual. Además se puede mantener un buen control de los progresos en el rendimiento, lo que incide favorablemente sobre la motivación de los niños (cf. Benedek, 1987, 242).

En esta edad, el tiempo de carga apenas debería superar los 20 segundos, con un descanso de 40 segundos de duración (la relación entre carga y pausa debería situarse en torno a 1 : 2). Se debería recorrer un número aproximado de cinco o siete estaciones. La velocidad de realización sería la mayor posible.

La siguiente sucesión de estaciones es un ejemplo de circuito de fortalecimiento general con aparatos, apropiado para los niños (fig. 260).

Estación 1. Balanceo en la cuerda desde una banca larga hasta otra. Objetivo: fuerza de brazos, hombros y tronco.
Estación 2. Apoyos en círculo sobre el cajón del plinto, en decúbito supino. Objetivo: fuerza de los extensores del brazo.

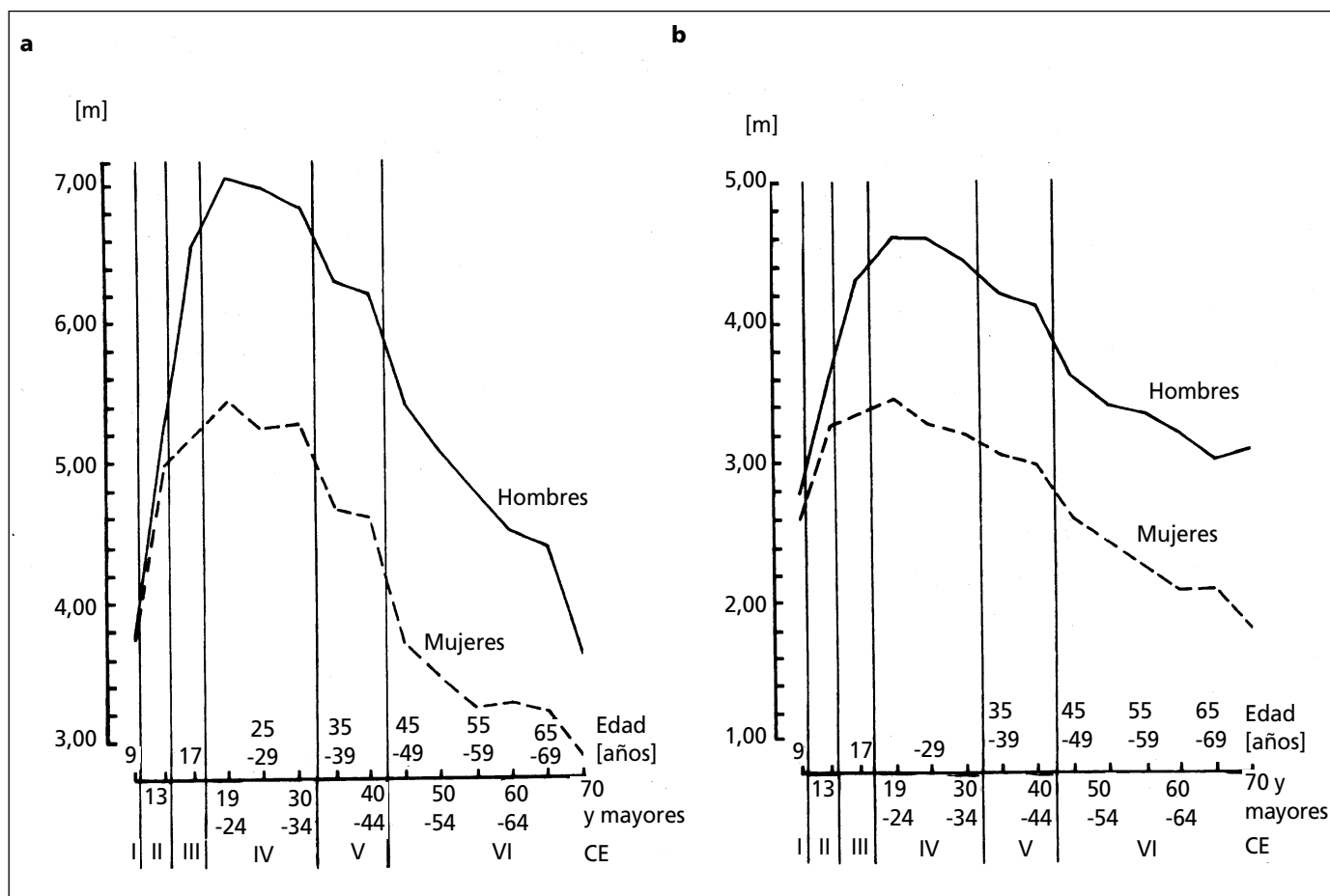


Figura 256. Rendimientos de triple salto (a) y de salto de longitud (b) en función de la edad (de Crasselt/Israel/Richter, 1984, 426/427).

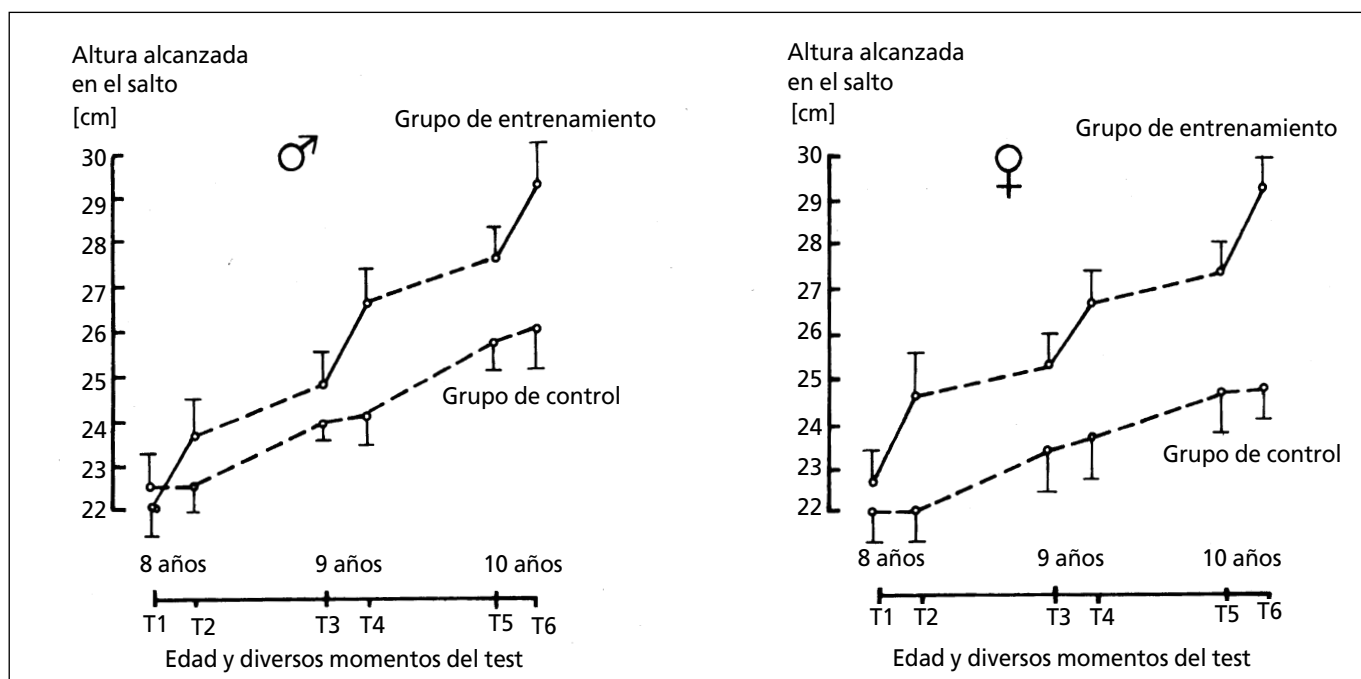


Figura 257. Desarrollo de la fuerza en el salto vertical durante un experimento de entrenamiento de 2 años (de Diekmann/Letzelter, 1987, 285).

Edad	Capacidad	Sesiones de entrenamiento	Ganancia por el entrenamiento Absoluta [kg]	Porcentaje [%]
11	Fuerza máxima dinámica de los brazos	1	3,1	11,5
11	Fuerza máxima dinámica de los brazos	2	5,4	20,4
14	Fuerza máxima dinámica de los brazos	1	4,2	9,7
14	Fuerza máxima dinámica de los brazos	2	7,7	19,8
11	Fuerza máxima dinámica de las piernas	1	5,8	17,0
11	Fuerza máxima dinámica de las piernas	2	10,9	32,9
14	Fuerza máxima dinámica de las piernas	1	7,1	12,7
14	Fuerza máxima dinámica de las piernas	2	13,7	26,8

Tabla 48. Ganancias por el entrenamiento en la fuerza máxima dinámica de brazos y de extensores de las piernas en el transcurso de un entrenamiento en circuito de 8 semanas, con una y dos sesiones a la semana (de Steinmann, 1990, 334)

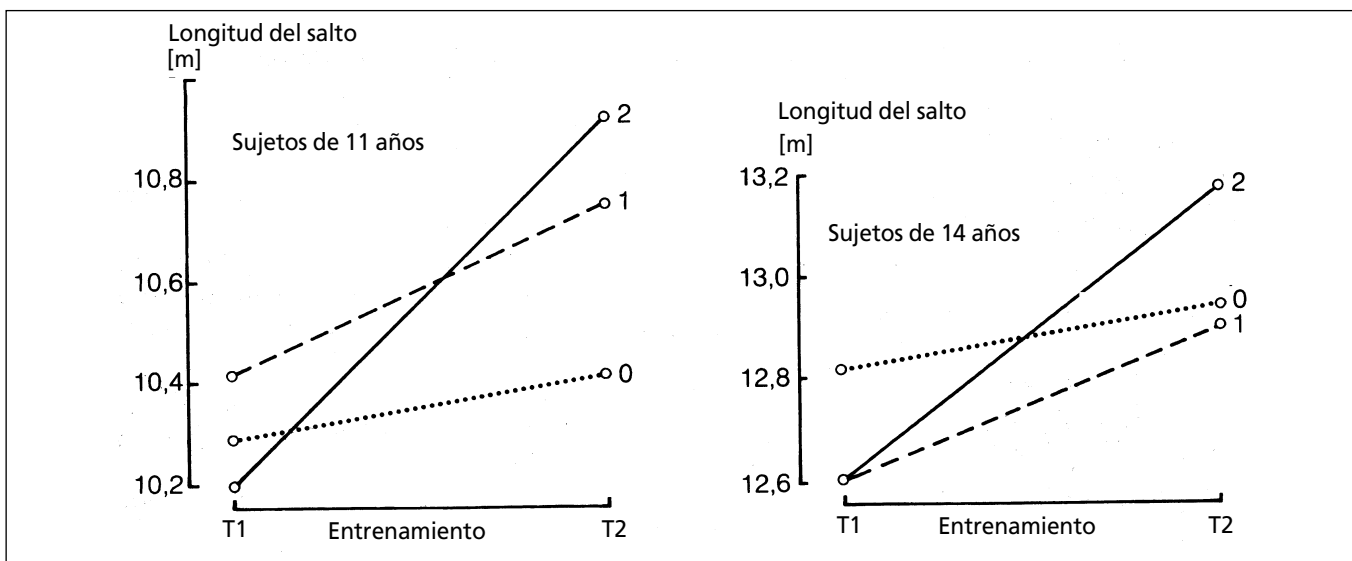


Figura 258. Cambios del rendimiento en la fuerza de salto horizontal en alumnos de entre 11 y 14 años después de un entrenamiento en circuito de 8 semanas de duración (una sesión semanal). Explicación de los signos: 0 = grupo de control; 1 = grupo con una sesión de entrenamiento a la semana; 2 = grupo con dos sesiones de entrenamiento a la semana; T = test (de Steinmann, 1990, 337).

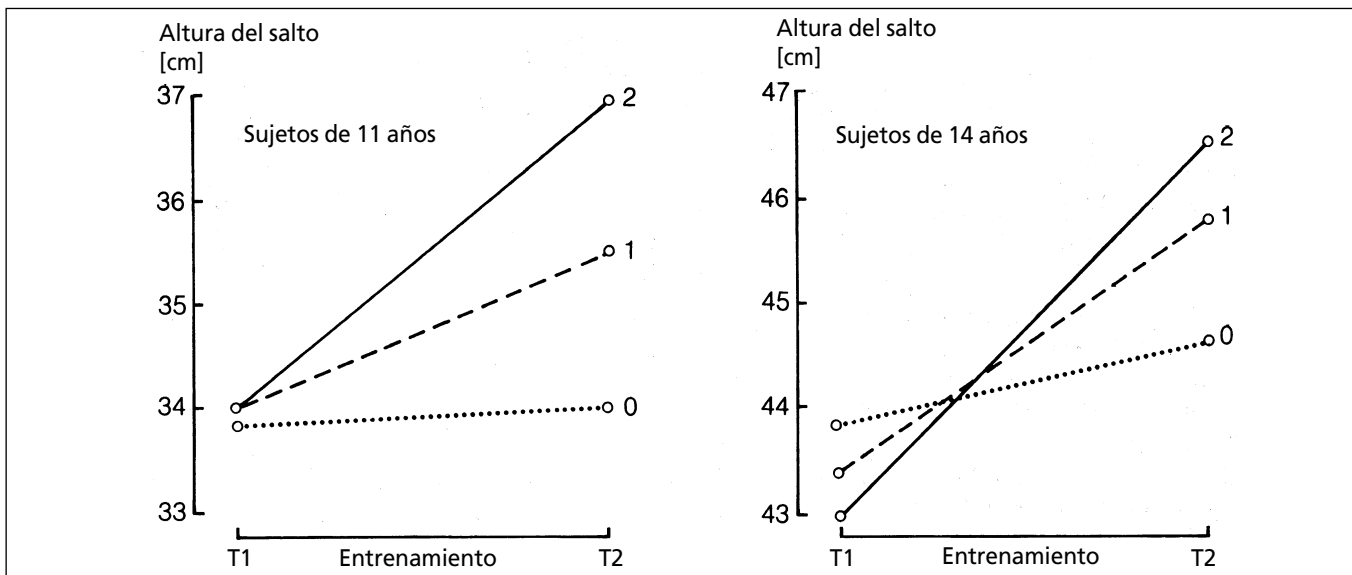


Figura 259. Cambios del rendimiento en la fuerza de salto vertical (prueba del cinturón de salto) en alumnos de entre 11 y 14 años después de un entrenamiento en circuito de 8 semanas de duración (de Steinmann, 1990, 337). Explicación de los signos, v. *supra*.

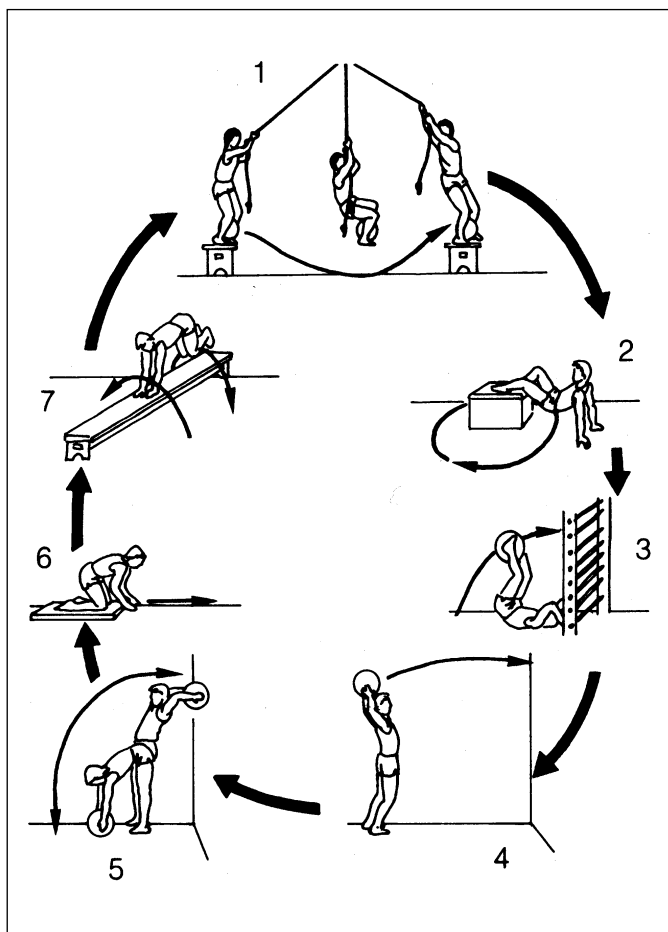


Figura 260. Circuito de fortalecimiento general con aparatos para niños en edad escolar temprana.

Estación 3. Flexión de la columna vertebral llevando el balón con los pies hacia la espalda (con rodillas flexionadas). Objetivo: músculos abdominales.

Estación 4. Ejercicio de lanzamiento de balón medicinal contra la pared. Objetivo: fortalecimiento de la musculatura de lanzamiento (brazos, hombros, tronco).

Estación 5. "Cortar leña" con balón medicinal, de pie y de espaldas a la pared. Se lleva el balón alternativamente al suelo y a la pared mediante la extensión del tronco. Objetivo: musculatura de la espalda y de los hombros.

Estación 6. "Kayak" sobre un trozo de alfombra. El alumno se arrodilla sobre un trozo de alfombra y se impulsa con ambos brazos hacia delante. Objetivo: fuerza de extensión de los brazos.

Estación 7. Saltos con apoyo por encima de la banca larga, alternativamente hacia derecha e izquierda. Objetivo: fuerza de salto.

Atención. En el *polideportivo*, la presencia de una serie de aparatos, mayores y menores, permite organizar circuitos con un marcado carácter de "aventura", con buenas posibilidades de formación general de la condición física.

Otras herramientas de entrenamiento que permiten una buena formación general son la gimnasia de obstáculos, los ejercicios en la espaldera (v. fig. 261), con la cuerda (v. fig. 262), ejercicios con el cajón del plinto (v. fig. 263),

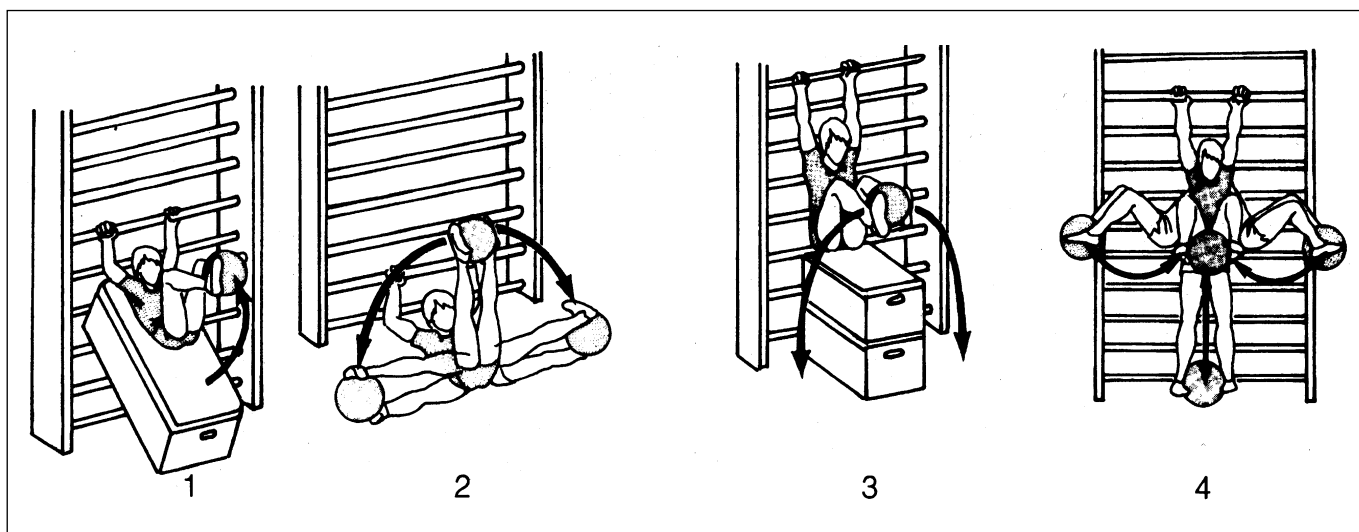


Figura 261. Ejercicios en la espaldera. 1 = enrollarse sobre el cajón superior del plinto colocado en diagonal. 2 = "limpiaparabrisas". 3 = Levantar las piernas a uno y otro lado de un plinto pequeño, con un breve contacto con el suelo como relajación. 4 = enrollarse - girar hacia un lado - desenrollarse (contacto con el suelo para relajarse) - enrollarse - girar hacia el otro lado.

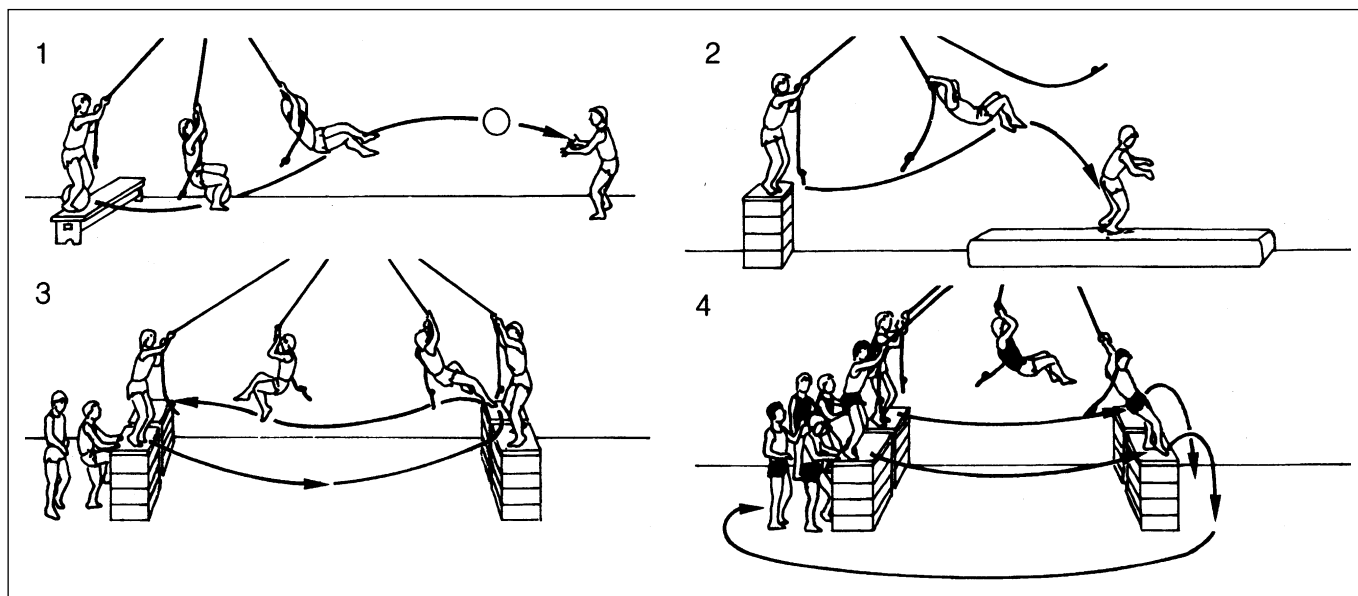


Figura 262. Ejercicios con la cuerda. 1 = lanzamiento del balón hacia delante, al compañero. 2 = agarre desde el plinto alto hasta la colchoneta (Tarzán). 3 = relevos de ida y vuelta con la cuerda; los niños pasan agarrándose de un lado a otro y entregan la cuerda al siguiente. 4 = relevos de ida y vuelta con la cuerda; después de pasar al otro lado, hacer el recorrido inverso y dar un toque al siguiente miembro del grupo para que éste arranque (modificado de Medler, 1990, 10).

trepar por la barra y tirar de la cuerda en diferentes variaciones (v. fig. 264), juegos de lucha como pulsos de tracción y empuje, disputa del balón en el agua (v. fig. 264), juegos de escalera horizontal en la barra fija o en las paralelas, juegos en posición de plancha (v. fig. 267) o ejercicios de tracción de escalada en diferentes variaciones (cf. también Döbler/Döbler, 1980, 297 s.; Bauer/Ueberle, 1984, 170; Benedek, 1987, 210; Texier, 1988, 22 s.; Medler, 1990, 10 s.; Brake, 1990, 31 s.).

Para el fortalecimiento de todo el cuerpo se puede practicar peleas de tracción y empuje, así como disputas de balón, pues inciden sobre un amplio número de grupos musculares importantes (fig. 264).

Otros juegos:

- **Círculo en lucha**
Los niños forman un círculo agarrándose por las manos. En el centro se sitúa algunos balones, mazas o similares. Si los compañeros fuerzan a un jugador a tocar uno de los objetos, éste recibe un punto negativo. ¿Quién ha recibido menos puntos negativos después de un tiempo determinado (varias rondas de 20, 30, 40 segundos cada una)?
- **Desalojar el campo (fig. 265)**
Se dibujan, dependiendo del número de jugadores, campos dobles del mismo tamaño (con 20 jugadores unos cuatro campos). En los campos 1-4 se sitúan cinco jugadores en cada uno, que intentan expulsarse hacia el cam-

po vecino vacío en una lucha de todos contra todos. El que toca el suelo del otro campo pierde. ¿Cuál de los cinco jugadores se impone en el campo de partida?
Variación. El grupo entero comienza el juego en un campo. Los niños intentan ahora empujarse mutuamente hacia el segundo campo. Los jugadores expulsados retoman inmediatamente la lucha para enviarse mutuamente al próximo campo, etc.

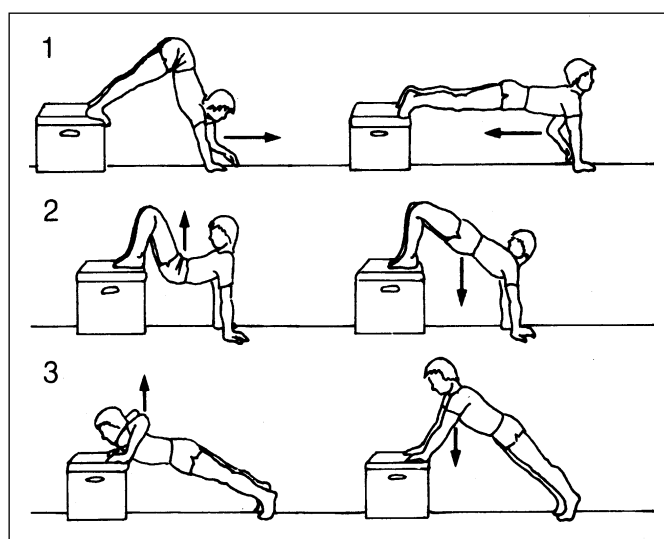


Figura 263. Ejercicios en el cajón del plinto para mejorar la fuerza de apoyo y la fuerza del tronco. 1 = carrera en la posición de plancha hacia delante y hacia atrás. 2 = elevar y bajar las caderas en la posición de plancha de espaldas. 3 = plancha en diagonal.

Atención. Esta variante exige un alto nivel de resistencia de la fuerza.

Existe un amplio repertorio de ejercicios para trabajar de forma lúdica, pero selectiva, los músculos del tronco. Para fortalecer la musculatura abdominal resultan apropiados, también desde el punto de vista “funcional-gimnástico”, los ejercicios descritos en las figuras 262 y 264, 3.

En esta edad se ha de prestar especial atención al fortalecimiento de los músculos del abdomen y de la espalda, pues responden de una forma extraordinaria al entrenamiento.

Con el mismo entrenamiento, los niños consiguen aumentos de rendimiento significativamente mayores en comparación con los jóvenes (cf. Gleeson, 1986, 23).

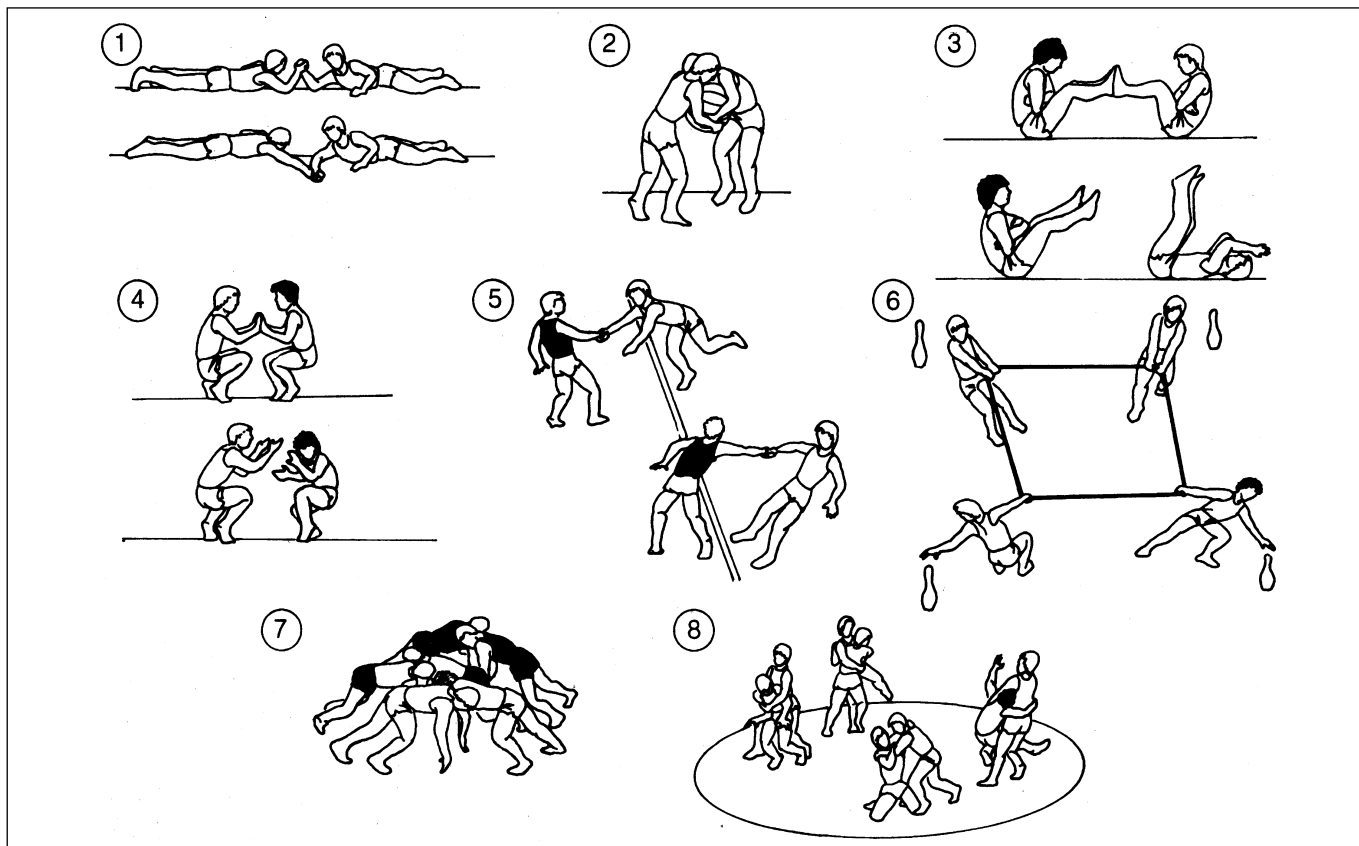


Figura 264. Formas de juego para desarrollar la condición física general mediante luchas de empuje y tracción, y mediante disputas de balón de diferentes tipos: 1 = “empuje de brazo”; 2 = disputa del balón medicinal; 3 = lucha de empuje con el pie; 4 = derribar; 5 = tracción por encima de la línea; 6 = tirar de la cuerda formando un cuadrado; 7 = lucha empujando a la manera del rugby; 8 = sacar del círculo.

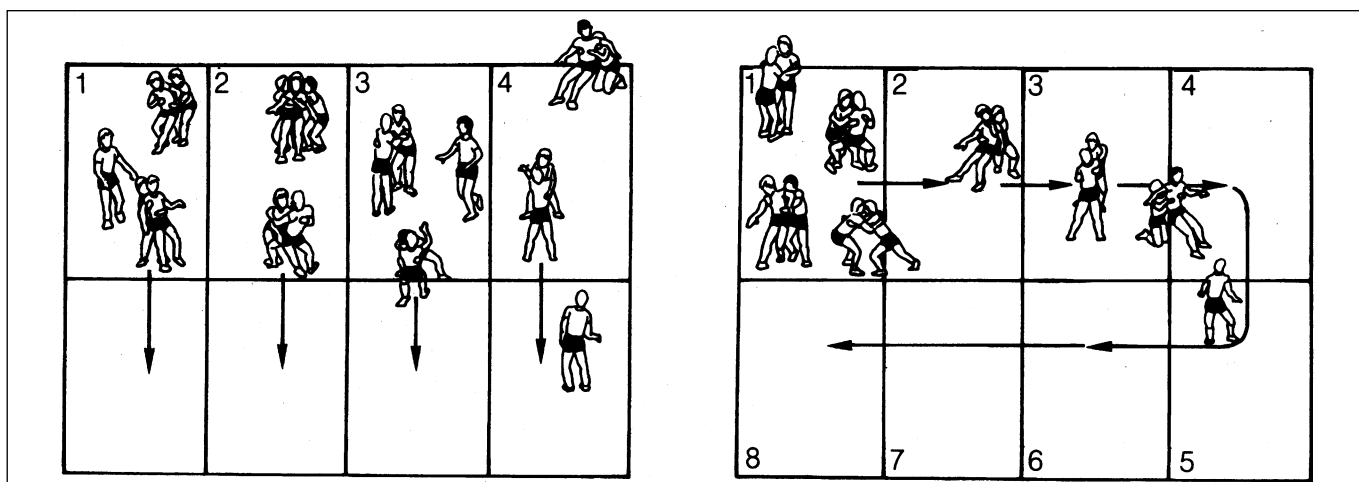


Figura 265. Expulsar del campo (a). Expulsar de campo a campo (b).

Con los ejercicios de vuelo representados en la figura 262 se consigue un fortalecimiento excelente de los músculos del tronco, de los hombros y de los brazos. La fuerza de apoyo se puede mejorar de forma integrada en el juego con el llamado “fútbol de cangrejos” (fig. 266) y también selectivamente mediante ejercicios amenos con diferentes aparatos (figs. 261 y 262).

La figura 267 muestra una serie de ejercicios en el banco largo, excelentes para mejorar la fuerza de apoyo. Pueden plantearse como ejercicios individuales o en equipo, con y sin carácter competitivo.

Otros ejercicios para mejorar la fuerza de apoyo podrían ser:

- “Cilindro en ambas direcciones” (fig. 268 a).
- Luchas de empuje y tracción en posición de plancha.
- Mantener en alto un globo en la posición de plancha; llevar el globo hacia delante en la misma posición.
- Empujar bastones.
- “El molino” (fig. 268 b). ¿Quién consigue el “giro de rueda” más rápido en el molino? El ejercicio del molino se puede practicar como carrera de persecución en lucha individual o por equipos.

Para mejorar la fuerza de salto existen múltiples formas de juego con gran “eficacia selectiva”. En niños de esta edad se debería tener en cuenta que el salto con ambas piernas es un movimiento muy frecuente. Un número excesivo de saltos –sobre todo si se suceden de forma inmediata– puede sobrecargar a los niños, dadas las carencias en la técnica de salto. Como ejercicios más apropiados podemos destacar:

- Saltos sobre suelo elástico.
- Carreras de sacos.
- Saltos del neumático: se coloca un número determinado de neumáticos para una serie de saltos, no sólo en línea recta sino también con cambios de dirección.
- Saltar a la comba.
- Remates de cabeza al globo (intentar tocar el globo en el punto más alto posible).
- Peleas de gallos.
- Lucha en cuclillas: los niños, en cuclillas y manteniendo las palmas de las manos hacia delante, intentan que el rival pierda el equilibrio (cf. fig. 264).
- Círculo de saltos: el entrenador, en el centro, mueve una cuerda en horizontal por encima del suelo. Sobre la línea del círculo se encuentran los niños de pie y saltan la cuerda. La variación de la altura permite añadir al juego un componente de reacción: con la cuerda alta el jugador tiene que agacharse, y con ella baja, tiene que saltar por encima.

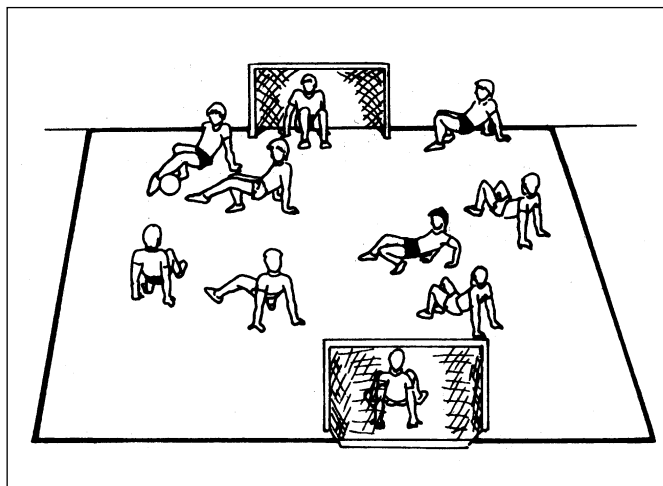


Figura 266. “Fútbol de cangrejos”.

- Edad escolar tardía (entre 10 y 12 años)

En la edad escolar tardía –que termina con la aparición de la pubertad, esto es, en las chicas alrededor de los 11/12 años y en los chicos a los 12/13– los grupos musculares importantes experimentan un fortalecimiento general y multilateral a través de ejercicios que incluyen la superación del propio peso corporal, con la posibilidad de intensificación mediante el añadido de pesos suplementarios de poca cuantía (balones medicinales, anillos de hierro, sacos de arena, etc.). Como contenidos del entrenamiento podemos añadir a los ya mencionados:

- Ejercicios para el fortalecimiento selectivo de la musculatura del abdomen, de la espalda y de la extensión del brazo (p. ej., ejercicios por parejas).
- Ejercicios para mejorar la fuerza de apoyo del brazo, como, por ejemplo, llevar la carretilla, caminar sobre las manos (el pino), en posición de plancha desplazar un balón con ambas manos alternativamente o mantener en alto un globo, etc.

Los ejercicios deberían mantener un carácter ante todo lúdico, si bien se puede ir introduciendo, dispersos entre el repertorio de juegos, ejercicios cada vez más selectivos:

- *Tentetieso*: decúbito supino, balón delante del tórax; lanzar el balón hacia arriba con ambos brazos, ponerse de pie y atraparlo, o bien “amortiguarlo” con la cabeza/el tórax/el muslo/el empeine/la planta del pie.
- *Canguro* (fig. 269): de pie, balón sujeto con las piernas; al grito de ¡este!, ¡este!, ¡sur!, ¡norte!, salto rápido con movimiento de giro hacia la dirección indicada.

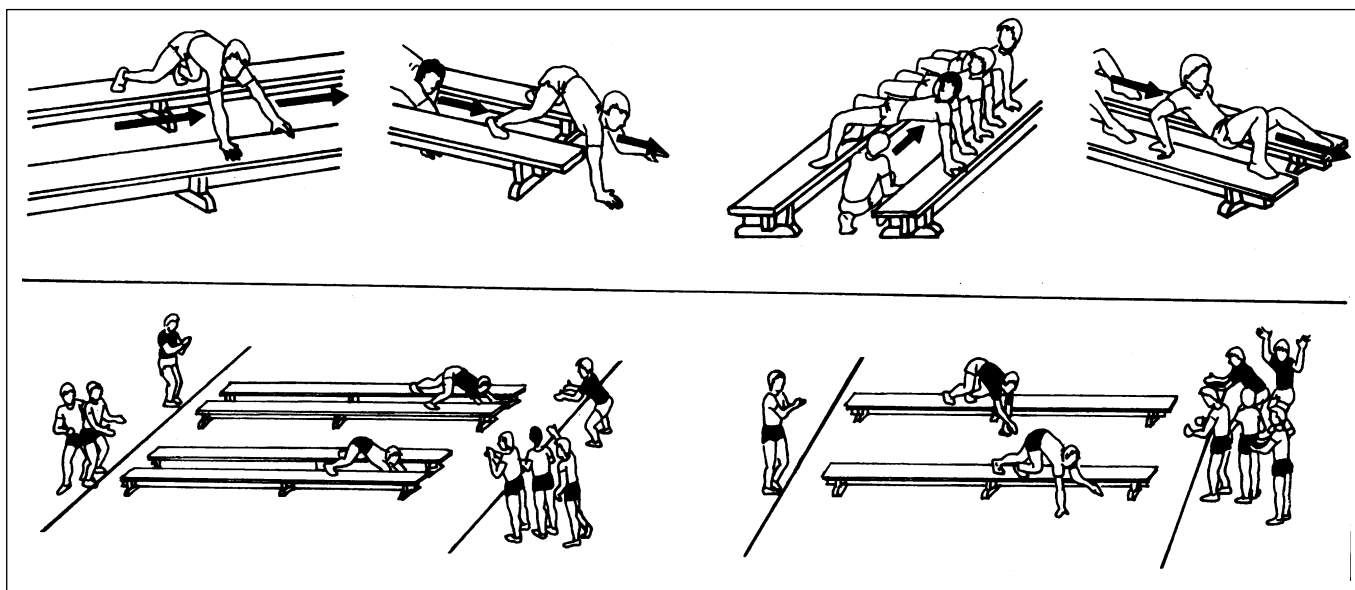


Figura 267. Formas de ejercicio y de juego para mejorar la fuerza de los hombros, del tronco y de los extensores del brazo (modificado de Medler, 1990, 48/49).

Objetivo: reacción y atención, fortalecimiento de las articulaciones talocrurales y de los músculos aductores.

- Saltos de vallas/de neumáticos en forma combinada.
- Carrera de sacos combinada con conducción de balón (como relevos, como competición numérica): A salta en el

saco hasta la señal de vuelta, abandona el saco y conduce el balón hasta el neumático de salida; B arranca con el balón, se desliza en el saco y vuelve saltando. Como competición numérica: el jugador 1 arranca la primera vez con el saco y vuelve con el balón; la segunda vez arranca con el balón y vuelve con el saco, etc.

- Perseguirse y atraparse en carrera de sacos.
- Saltos cuesta arriba/escaleras arriba.
- Saltos con el balón/balón medicinal: balón entre los pies, salto cerrado en la señal de vuelta (como competición de relevos o numérica).

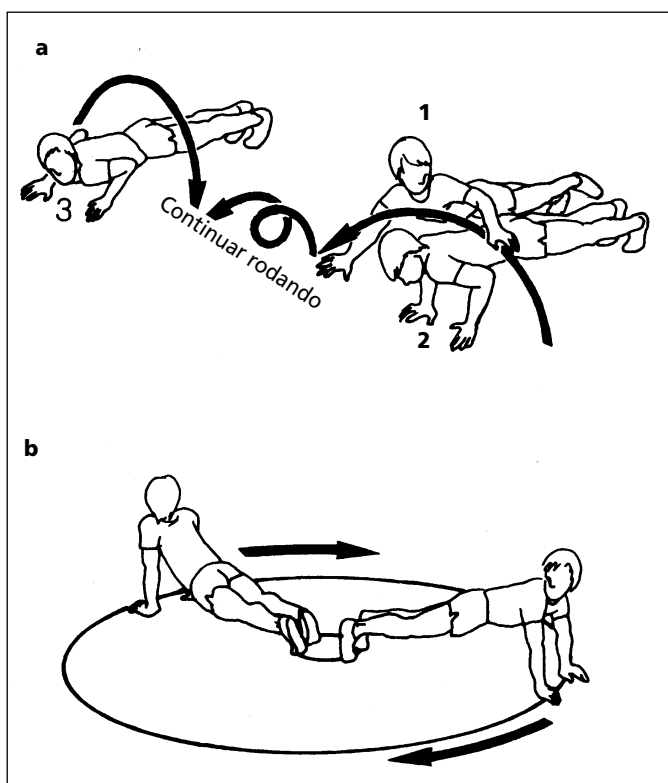


Figura 268. "Cilindro en ambas direcciones" (a) y "molino" (b).

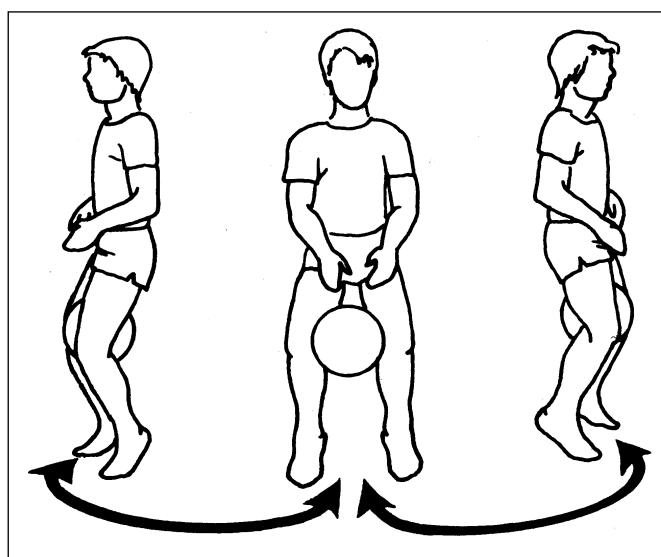


Figura 269. "Canguro".

Entrenamiento de la fuerza en la edad juvenil

El ingreso en la pubertad significa el final de la edad infantil y el inicio de la juvenil.

La pubertad se puede dividir en pubescencia (primera fase puberal) y adolescencia (segunda fase puberal). Las transiciones son fluidas. En las chicas, la pubescencia aparece más o menos un año antes que en los chicos.

• Pubescencia

En la primera fase puberal (pubescencia) el marcado empujón del crecimiento en sentido longitudinal rompe transitoriamente, en mayor o menor medida, la armonía de las proporciones corporales. Las condiciones de palanca evolucionan en un sentido cada vez más desfavorable en su relación con el potencial de rendimiento de la musculatura. Como además el cartilago de crecimiento (bajo el influjo de las hormonas, sobre todo del crecimiento y sexuales) sufre una serie de alteraciones morfológicas y funcionales que reducen su capacidad de carga mecánica, esta etapa del desarrollo es particularmente susceptible ante cargas erróneas, unilaterales y continuas, sobre todo en el ámbito de la columna vertebral.

Como muestran los estudios de Fröhner/Neumann/Keller (1990, 42), al avanzar la edad biológica aumenta el contenido en minerales y, por tanto, la capacidad de carga del hueso (fig. 270).

Los niños y jóvenes con un retardo pronunciado en la edad biológica presentan un contenido en mineral comparativamente bajo, con una desviación interindividual relativamente elevada. Esto implica una menor capacidad de trabajo mecánico, circunstancia que se ha de tener en cuenta en el entrenamiento.

Los niños biológicamente más jóvenes (retardados) deben efectuar cargas moderadas en el entrenamiento, sobre todo en el de fuerza. Hemos de garantizarles una progresión estricta de la carga y tiempos de recuperación suficientes. Se debe evitar rigurosamente los ejercicios con compañero difíciles de regular o las cargas axiales elevadas (p. ej., series de saltos de volumen elevado, saltos en profundidad) o con pesos adicionales.

Debido a un aumento, discontinuo sobre todo en la edad juvenil, de la secreción de testosterona –hormona sexual anabólica (sintetizadora de proteínas), que pasa de un valor inicial, en la infancia, de 10 (chicas) y 15 (chicos) a valores de 50 y 300 ng/100 ml (!) (cf. Reiter/Root, 1975, 128; Keul, 1991)–, la capacidad de entrenar la fuerza mejora de forma decisiva. Dado que en la edad juvenil la capacidad para entrenar las extremidades es especialmente

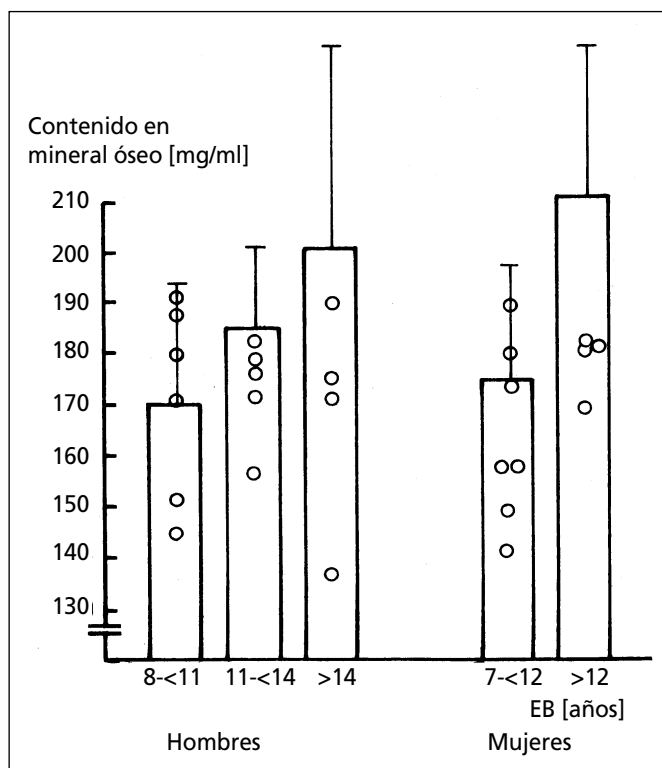


Figura 270. Contenido de mineral óseo (mg/ml) en deportistas de ambos sexos y de diferentes edades biológicas (EB) (de Fröhner/Neumann/Keller, 1990, 42).

elevada en comparación con la edad infantil, el trabajo de éstas merece una especial atención, sobre todo en forma de entrenamiento enfocado hacia la fuerza de salto y de disparo (cf. Gleeson, 1986, 23).

No obstante, la concurrencia de una mayor entrenabilidad y una reducción de la capacidad para asumir carga mecánica plantea una serie de problemas. Esta situación especial exige, por una parte, el aprovechamiento de estas fases tan sensibles para el desarrollo de la fuerza, y por otra parte, la práctica de un entrenamiento de la fuerza sin desequilibrar en el aparato locomotor pasivo la relación entre la carga y la capacidad para asumir carga, evitando así la aparición de daños en el sistema esquelético. Por este motivo, el desarrollo de una musculatura vigorosa debe producirse en unas condiciones de descarga pronunciada de la columna vertebral (¡precaución ante los ejercicios por parejas como el fútbol con jinete o similares!).

Además del *trabajo de la fuerza general* –cuyos contenidos son sobre todo el entrenamiento en circuito (ahora adaptado a la edad, orientado hacia las capacidades de los adultos), diferentes ejercicios de salto, luchas de tracción y empuje (los jóvenes gustan de mostrar “lo fuertes que son”) y ejercicios gimnásticos con o sin apa-

rato (balones, balones medicinales, cuerdas, etc.; cf. Bisanz, 1983, 57)–, en esta edad se debería abordar también el desarrollo de la fuerza específica, con combinaciones de ejercicios técnico-físicos propios de la modalidad (cf. Benedek, 1987, 211).

La fuerza de lanzamiento, de disparo y de salto, así como la fuerza en el uno contra uno, pueden ser trabajados de forma adecuada a la edad mediante las correspondientes formas de juego. Detallaremos este punto con la ayuda de algunos ejemplos.

Ejercicios de fuerza de lanzamiento

Como ejercicios de lanzamiento se puede utilizar todos los juegos de lanzamiento contra una diana, a larga distancia y en equipo. Del extenso abanico de juegos posibles, mencionaremos aquí sólo algunas formas básicas:

- Derribar los bolos
¿Quién derriba el primero los bolos situados en el centro del círculo? Atención: distancia de lanzamiento adecuada a la edad.
- Lanzamientos contra una diana en la pared
En la pared del polideportivo se pintan (o se clavan) dianas de diferente tamaño, que se deben alcanzar en una sucesión libre (o predeterminada).
- Llevar el balón medicinal
Dos equipos intentan llevar un balón medicinal (o varios), mediante lanzamientos selectivos con balones de fútbol, balonmano o similares, hacia el campo contrario. Gana el equipo que alcanza una línea de meta determinada.
- “Empuje con el balón” (v. *supra*)
Este juego, con un balón de fútbol o de balonmano, sólo resulta apropiado en un terreno de juego grande; dentro del polideportivo se podría practicar con un balón medicinal, permitiéndose sólo empujarlo o lanzarlo con ambas manos por encima de la cabeza.
Idea del juego: dos equipos se sitúan uno frente a otro. El equipo 1 inicia el juego con un lanzamiento desde su mitad del terreno. Si el equipo contrario consigue atrapar el balón, puede lanzarlo de vuelta después de avanzar tres pasos; si el balón sólo se controla una vez que ha botado, se lanzará de nuevo sin avanzar terreno. Atención: sólo debe lanzar el jugador que ha atrapado el balón. Gana el equipo que llega el primero a la línea de fondo del equipo contrario.
El juego no sólo trabaja la fuerza de lanzamiento, sino también la capacidad de acción táctica (debe lanzarse hacia la zona donde no se encuentra ningún rival).

Ejercicios de fuerza de disparo

Como ejercicios de fuerza de disparo se puede utilizar los siguientes:

- Empuje con el balón:
Cada uno intenta llegar, mediante disparos efectuados hacia zonas mal cubiertas del terreno de juego (trabajo táctico → reconocimiento del espacio libre), hasta detrás de la línea de fondo del equipo contrario. El balón debe golpearse desde el lugar donde se ha detenido. Sólo debe golpear el jugador que ha detenido el balón. Inicio: 16 m por detrás de la línea media, en el campo propio, para el equipo que comienza el juego.
- “Campeonato del mundo de tiro a larga distancia”
¿Quién consigue la mayor distancia individual? ¿Quién consigue con diez tiros la mayor distancia global? (se controla por parejas sobre un terreno de juego marcado para efectuar la medición). El juego se puede practicar también como competición por equipos: los primeros de un grupo disparan al mismo tiempo a lo lejos. El que llega más lejos recibe la puntuación máxima, el segundo la puntuación siguiente, etc. Gana el equipo que consigue al final la mayor puntuación global. Variación: disparos contra una diana a lo lejos.
- Diez disparos sobre un tiempo, contra el frontón:
Gana el jugador que en 10 segundos (15, 20) ha conectado el mayor número de disparos con el frontón desde una distancia determinada (10, 15, 20 m; además de la fuerza de tiro, se desarrolla también la exactitud y el trabajo de ambas piernas, pues la preparación del balón para la “pierna de disparo” conlleva pérdidas de tiempo).

Ejercicios de fuerza de salto

Como ejercicios de fuerza de salto se puede utilizar los siguientes:

- Atrapar sobre una pierna
Atención: espacio limitado, para que el número de saltos hasta lograr el “éxito” no sea excesivo. Variación: atrapar avanzando con saltos cerrados (esta forma resulta adecuada para niños más débiles en cuanto a la fuerza de salto).
- Saltos en círculo
La mano izquierda sujeta la pierna derecha del compañero, la mano derecha se sitúa sobre el hombro de éste: saltos en círculo (fig. 271).

Como “formas intencionales” muy selectivas podemos mencionar:

- Saltos múltiples (con una pierna) con sucesiones diferentes (der-iz-der, der-der-iz-iz, der-der-iz, etc.). Los saltos pueden efectuarse en longitud, sobre obstáculos o

para llegar a una meta en formas de competición lúdica (competición individual o por equipos).

- Saltos con cambio de dirección: saltos en zigzag sobre una línea (con ambas piernas, con una pierna; con o sin cambio de pierna).

Los saltos de este tipo resultan especialmente adecuados para los grandes juegos con balón, caracterizados por frecuentes cambios de dirección.

- Saltos con giros.
- Saltos con trabajo variado de las piernas (abrir/cerrar las piernas; cambio de paso; entrecruzar por arriba/por abajo; *marioneta*, etc.) (cf. también Bisanz, 1988, 14).



Figura 271. Saltos en círculo.

Ejercicios para entrenar la disputa uno contra uno (competiciones)

Como ejercicios de uno contra uno se puede utilizar las siguientes formas de juego:

- Lucha por el balón: dos jugadores intentan arrebatarse uno al otro un balón medicinal (cf. fig. 264, 2).
- Pulso de tracción: tirar sobre una línea de separación que discurre entre ambos compañeros. De pie (cf. fig. 264, 5), en posición de plancha.
- Tirar de la cuerda.
- Tirar de la cuerda sin cuerda (cf. fig. 264, 5).

- Tirar de la cuerda como competición en equipo: inicio desde diferentes posiciones de partida.

Variación: cuerda cerrada en cuadrado. Cada equipo intenta tirar de la cuerda hacia su banderín (fig. 272).

- Luchas empujando: de pie, en posición de plancha, sentados espalda contra espalda en el suelo o en la banca larga.
- “Sacar del círculo”: cada uno intenta sacar del círculo a los demás (v. fig. 264, 8). Los expulsados reanudan la lucha en un nuevo círculo, etc. En el polideportivo la lucha puede efectuarse sobre colchonetas: un alumno se sitúa de pie sobre una colchoneta, y otro por fuera; los habitantes de las islas intentan defender su territorio contra los atacantes. Cada uno puede efectuar un único intento contra un determinado habitante de una isla, y después deberá probar su suerte con otro contrario.
- Círculo en lucha (v. pág. 344).
- Desalojar del campo (v. pág. 344).

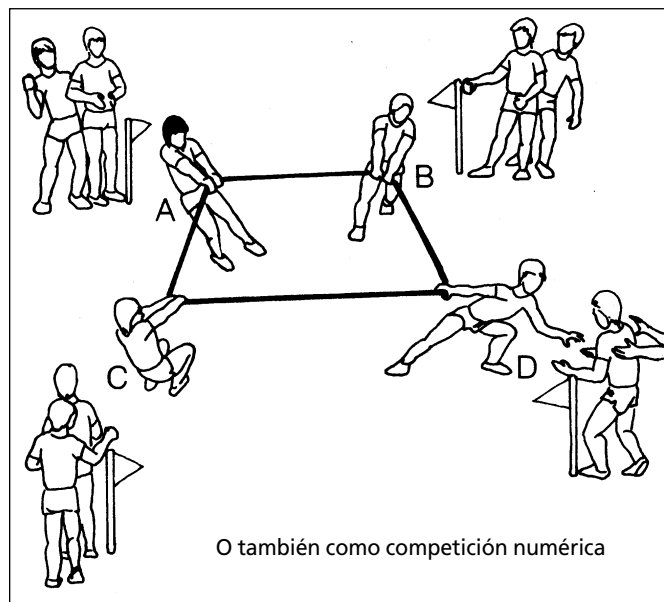


Figura 272. Tira y afloja con cuerda cerrada.

- Adolescencia (desde los 13/14 años de edad (chicas), 14/15 años (chicos), hasta los 16/17 ó 18 años)

En la adolescencia tiene lugar el llamado crecimiento en anchura. Se recupera la armonía de las proporciones corporales y asciende nuevamente la secreción de testosterona, la hormona sexual masculina (en las chicas hasta valores en torno a 60, y en los chicos en torno a 600 ng/100 ml; cf. Reiter/Roof, 1975, 128; Keul, 1991).

Debido a la creciente estabilización del sistema esquelético, las cargas y los métodos del entrenamiento de adultos pueden utilizarse también en la adolescencia. No obs-

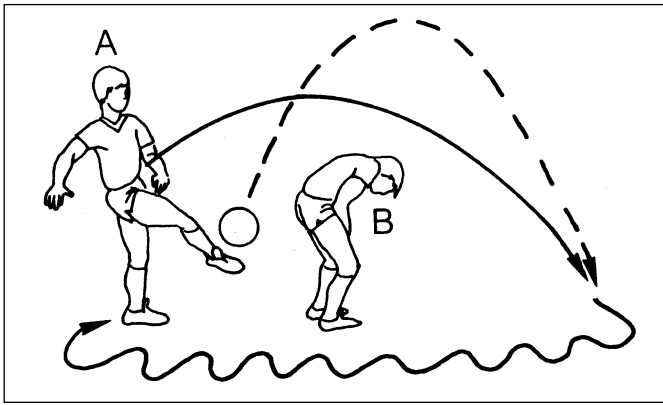


Figura 273. Salto de la mula con el balón.

Para el trabajo de la fuerza, la adolescencia es la edad de las mayores posibilidades de entrenamiento. En esta etapa se observan las mayores tasas de crecimiento de la fuerza (cf. Komadel, 1975, 80; Zurbrügg, 1982, 55).

tante, en esta etapa predomina todavía el trabajo de volumen frente a las cargas de intensidad elevada; además, el ascenso continuo de la carga sigue siendo un principio básico del entrenamiento de la fuerza.

Dado que la capacidad anaeróbica se encuentra bien desarrollada en este momento, se pueden utilizar también –con la debida prudencia– ejercicios que producen una intensa fatiga local, esto es, agotadores, en un contexto de trabajo de la fuerza específica.

Formas posibles para mejorar la fuerza rápida y la resistencia de fuerza:

- Fútbol con jinete
Sólo se puede jugar y correr si se carga con un jinete. El cambio se puede producir con la frecuencia deseada. Atención: parejas de jugadores de corpulencia similar.
- Salto de la mula
El salto de la mula puede producirse de la forma normal, en formación lineal o circular, pero también de forma integrada en el juego.

La figura 273 muestra el posible aspecto de una variante de este tipo en fútbol: el jugador A levanta el balón del suelo con el pie y lo juega por encima del compañero B, salta por encima de éste con las piernas abiertas, detiene el balón y lo lleva al lugar de partida (una ronda). Lo mismo para B. Para aprender la rutina, efectuar dos veces tres rondas por cada compañero.

- Balón rebotado
Secuencia del ejercicio: desde la postura sedente botar el balón contra el suelo, ponerse en pie y atraparlo en el

salto en el punto más alto posible (varias repeticiones). Lo mismo combinado con un remate de cabeza (v. fig. 274) y con la consiguiente recepción del balón y vuelta al lugar de partida.

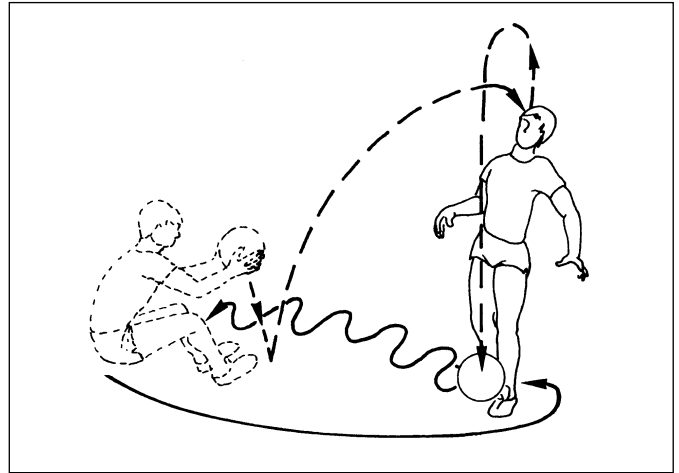


Figura 274. "Balón rebotado".

Como se puede deducir de la exposición precedente, el entrenamiento de la fuerza en las edades infantil y juvenil experimenta un cambio progresivo de sus contenidos. Aunque los ejercicios de fuerza de carácter lúdico se pueden encontrar en todas las etapas, las formas de juego, utilizadas en el entrenamiento infantil de forma casi exclusiva, van desapareciendo poco a poco sustituidas por ejercicios más selectivos, más eficaces y con un carácter técnico-táctico.

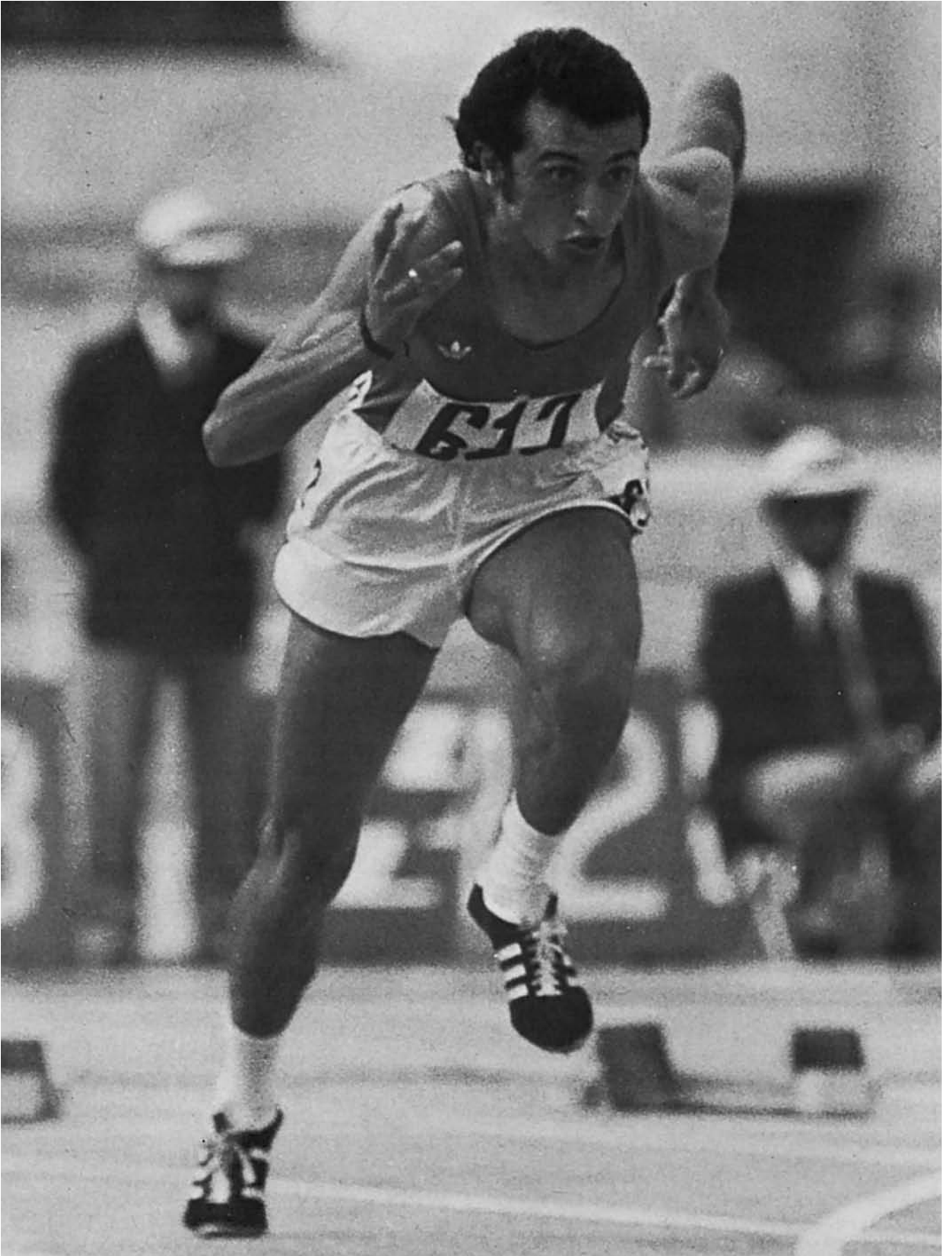
Principios metodológicos básicos. Consecuencias para la práctica del entrenamiento

1. El principio superior en el entrenamiento de la fuerza con niños y jóvenes es el desarrollo sin riesgos, pero extenso, de la capacidad de rendimiento corporal.
2. El trabajo de la fuerza en la edad infantil y juvenil debería servir para una formación general armónica. Debería adecuarse a las diferentes etapas y organizarse de forma multilateral, amena y divertida.
3. Debido a las estrechas interacciones entre la fuerza, por un lado, y las destrezas y técnicas motoras, por otro, y para alcanzar el rendimiento deportivo máximo individual en años posteriores, es indispensable desarrollar la fuerza muscular en una etapa temprana. Sólo desde esta base se puede utilizar los diferentes métodos y contenidos de entrenamiento para mejorar el rendimiento.

4. El entrenamiento de la fuerza en la edad infantil se efectúa casi exclusivamente a través de formas de juego o de formas de ejercicio de carácter lúdico, y siempre en relación con el trabajo coordinativo. Un entrenamiento selectivo complementario o compensatorio (v. *infra*) sólo se practica para evitar desequilibrios musculares específicos de la modalidad. El siguiente principio tiene una especial vigencia en las edades infantil y juvenil: entrenamiento de la fuerza, sólo en la cantidad absolutamente necesaria (cf. Berger/Hauptmann, 1989, 424). Así pues, las condiciones de fuerza no se deberán desarrollar de forma máxima sino de forma óptima, en correspondencia con las exigencias de la modalidad.
5. En la edad infantil, y en gran medida también en la juvenil, el entrenamiento de la fuerza máxima, pese a su gran importancia para la fuerza rápida, se desarrollará sólo a través de formas lúdicas, como, por ejemplo, luchas de tracción y empuje o juegos de disputa del balón.
Desde el punto de vista de la medicina del deporte, el entrenamiento de la fuerza máxima resulta ineficaz por el bajo nivel de testosterona, e incluso inadecuado dada la escasa consolidación del aparato conjuntivo y de sostén.
6. Aunque el trabajo de la fuerza rápida (fuerza de salto, de disparo, de esprint), con formas adecuadas a la edad infantil, es un aspecto fundamental del entrenamiento deportivo de la fuerza, el fortalecimiento de la musculatura de apoyo y de sostén no se debe descuidar en ningún caso. Es un requisito indispensable para conseguir posteriormente un nivel elevado de

capacidad de carga general en el aparato locomotor en su conjunto.

7. Además del fortalecimiento selectivo de la musculatura de sostén, se debe cuidar desde el primer momento la prevención de desequilibrios musculares mediante un entrenamiento complementario específico: éste deberá fortalecer los grupos musculares descuidados en la modalidad en cuestión y estirar la musculatura de rendimiento acortada.
8. El aumento de las exigencias debería orientarse siempre en el sentido del volumen y no de la intensidad. En el organismo infantil unos estímulos de carga relativamente escasos son suficientes para obtener mejoras considerables del rendimiento.
9. Los estímulos del entrenamiento de la fuerza deben ser multilaterales. En niños y jóvenes el espectro de efectos de todos los ejercicios se extiende a todas las capacidades de fuerza, pues el nivel de entrenamiento es aún escaso; los ejercicios de formación general tienen, por tanto, un carácter de formación extensa; además se amplía el repertorio de ejercicios y se garantiza una configuración amena del entrenamiento, circunstancia importante sobre todo para los niños (cf. Berger/Hauptmann, 1989, 424).
10. Cuando se practica el entrenamiento de la fuerza en las edades infantil y juvenil se debe delimitar pausas de duración suficiente. Un metabolismo más intenso, que se explica por el crecimiento, provoca un consumo energético mayor; así pues, se necesita un tiempo de regeneración más prolongado en comparación con los adultos.



14 Entrenamiento de la velocidad

Definición

En el caso de la velocidad, se trata de un complejo extraordinariamente variado y complejo de capacidades, que se manifiesta de forma muy diferente en las distintas modalidades. La lucha, el boxeo, el karate, los juegos deportivos y el atletismo son modalidades caracterizadas por un papel importante de la velocidad, pero se diferencian en múltiples aspectos de su velocidad específica.

La velocidad no es sólo la capacidad para correr rápidamente, sino que también desempeña un papel importante en movimientos acíclicos (salto, lanzamiento) y en otros cíclicos (carreras de patinaje, esprint en ciclismo; cf. Voss, 1993, 5).

La velocidad es una de las principales formas de trabajo motor que, al igual que la flexibilidad, se puede clasificar entre las capacidades condicionales –resistencia y fuerza– y también entre las capacidades coordinativas (cf. Grosser, 1991, 13; Martin/Carl/Lehnertz, 1991, 147; Weineck, 1992, 377; Schnabel/Thiess, 1993, 696).

Schnabel/Thiess (1993, 696) ven en la velocidad una capacidad condicional, un requisito para el rendimiento, reflejado en la realización de acciones motoras en las circunstancias dadas, con intensidad elevada y máxima, y en el tiempo más breve posible.

En cambio, Martin/Carl/Lehnertz (1991, 147) tienen reservas a la hora de incluir la velocidad entre las capacidades condicionales, pues se basa sólo parcialmente en mecanismos energéticos, y depende también en gran medida de procesos reguladores del sistema nervioso central.

La complejidad de la velocidad, en sus vertientes condicionales y de coordinación, se deduce de la definición de Frey:

Velocidad es la capacidad para efectuar acciones motoras en un tiempo mínimo, determinado por las condiciones dadas, sobre una base doble: la movilidad de los procesos en el sistema neuromuscular y la capacidad de la musculatura para desarrollar fuerza (cf. Frey, 1977, 349).

La definición más amplia de la velocidad la proporciona Grosser (1991, 13), pues, además de los aspectos físico y coordinativo, incorpora además el componente psíquico. Su definición de la velocidad es la siguiente:

“... la velocidad en el deporte [es] la capacidad para obtener, basándose en los procesos cognitivos, en una fuerza de voluntad máxima y en la funcionalidad del sistema neuromuscular, las máximas velocidades de reacción y de movimiento posibles en determinadas condiciones.”

La complejidad del espectro de manifestaciones y del entramado de factores de la velocidad se puede ver con claridad, en referencia a las modalidades de juego, en la descripción de la velocidad que Benedek/Palfai (1980, 10) formulan para el fútbol:

“La velocidad del jugador de fútbol es una capacidad con múltiples facetas. En ella participan no sólo la reacción y la acción rápidas, el arranque y la carrera rápidos, la velocidad en la conducción del balón, el esprint y la parada, sino también el reconocimiento rápido y el aprovechamiento de la situación dada en cada momento.”

Basándose en esta breve descripción de las exigencias de la velocidad en el fútbol, se puede deducir las cualidades parciales fundamentales, como velocidad de la percepción, de la anticipación, de la decisión, de la reacción, del movimiento sin balón y de la acción con balón.

Para los deportistas de modalidades de juego, la velocidad se puede definir de la siguiente forma, ampliando la definición de Bauer (1990, 7; cf. Weineck, 1992, 377):

La velocidad del jugador es una característica compleja, que se compone de diferentes capacidades psicofísicas parciales, a saber:

- Capacidad para la percepción de situaciones de juego y sus cambios en el tiempo más breve posible = velocidad de percepción.
- Capacidad para la anticipación mental del desarrollo del juego y sobre todo del comportamiento del rival directo en el tiempo más breve posible = velocidad de anticipación.
- Capacidad para decidirse por una de las actuaciones posibles en el tiempo más breve posible = velocidad de decisión.

- Capacidad para la reacción rápida ante desarrollos no previsibles del juego = desarrollos del juego = velocidad de reacción.
- Capacidad para efectuar movimientos cíclicos y acíclicos sin balón a una velocidad grande = velocidad de movimientos cíclicos y acíclicos.
- Capacidad para efectuar rápidamente acciones específicas del juego con el balón, bajo la presión del contrario y del tiempo = velocidad de acción.
- Capacidad de actuar en el juego con la mayor velocidad posible y con eficacia, incluyendo el complejo de sus posibilidades cognitivas, técnico-tácticas y de condición física = velocidad de actuación.

Tipos de velocidad

Como se ha podido ver en los apartados anteriores, la velocidad en el deporte se manifiesta de diferentes formas.

En relación con la *velocidad motora*, Schiffer distingue las formas “puras” y “complejas” reflejadas en la figura 275.

Schiffer (1993, 6) define así las diferentes formas de manifestación y las subcategorías de la *velocidad motora*:

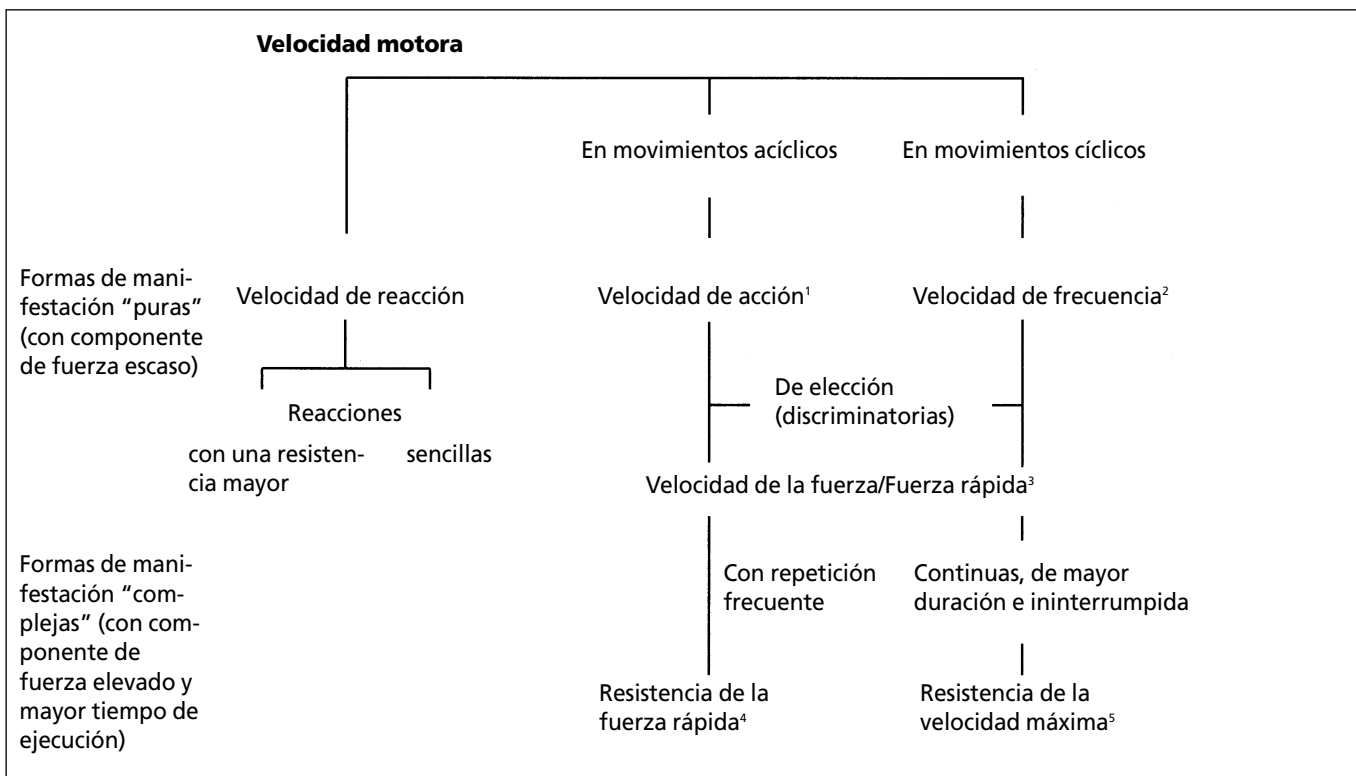


Figura 275. La velocidad motora y sus subdivisiones (formas de manifestación, subcategorías). Sinónimos: 1, velocidad de movimiento; 2, frecuencia de movimiento, coordinación rápida, velocidad básica; 3, capacidad de aceleración, velocidad de salida; 4, resistencia de la aceleración; 5, resistencia del esprint, resistencia de la velocidad de frecuencia, resistencia general anaeróbica a corto plazo, resistencia de la velocidad del esprint y resistencia de la velocidad (de Schiffer, 1993, 6).

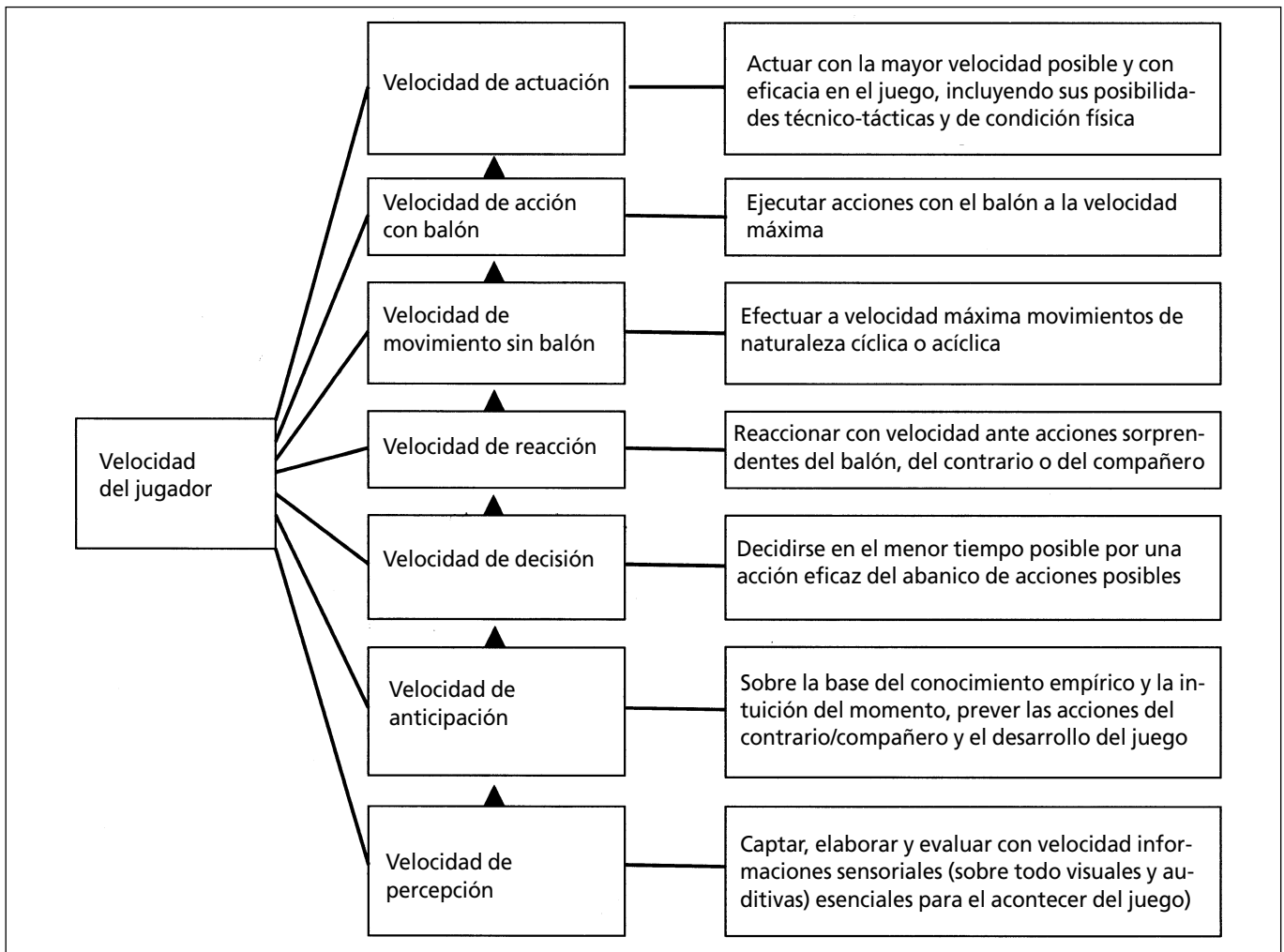


Figura 276. Características parciales de la velocidad y su importancia para la capacidad de rendimiento del deportista en modalidades de juego (modificado de Weineck, 1992, 378).

Como formas *puras* de la velocidad se identifican las siguientes:

- Velocidad de reacción = capacidad para reaccionar ante un estímulo en el tiempo mínimo.
- Velocidad de acción = capacidad para efectuar movimientos acíclicos, esto es, únicos, con velocidad máxima y contra resistencias ligeras.
- Velocidad de frecuencia = capacidad para efectuar movimientos cíclicos, esto es, iguales y repetidos, con velocidad máxima y contra resistencias ligeras.
- Estas formas puras de la velocidad dependen exclusivamente del sistema nervioso central y de factores genéticos.

Entre las formas *complejas* de velocidad figuran las siguientes:

- Velocidad de la fuerza = capacidad para imprimir* a las resistencias el mayor impulso de fuerza posible en un tiempo establecido.

- Resistencia de la fuerza rápida = capacidad de resistencia contra una pérdida de velocidad debida a la fatiga, con velocidades de contracción máximas, movimientos acíclicos y resistencias elevadas.
- Resistencia de la velocidad máxima = capacidad de resistencia frente una pérdida de velocidad debida a la fatiga, con velocidades de contracción máximas y movimientos cíclicos.

Así pues, la velocidad motora es una capacidad psíquica, cognitiva, coordinativa y condicional, sometida a magnitudes de influjo genéticas, de aprendizaje y desarrollo, sensoriales-cognitivas-psíquicas, neuronales y musculotendinosas (cf. también fig. 276).

* En ocasiones la "velocidad de la fuerza" se denomina también "fuerza rápida", hecho que no es enteramente aceptado en la literatura científica del entrenamiento (cf. Johath 1986, 158 y Sch-nabel/ Thiess 1993, 492).

Esta capacidad “psíquica, cognitiva, coordinativa y condicional” se articula en sus características parciales de la forma que refleja la figura 276.

Sólo con un asentamiento óptimo de todas las capacidades parciales se puede decir que la velocidad se ha desarrollado de forma extensa y como una cualidad compleja.

La velocidad psíquica-cognitiva del jugador se manifiesta en la comprensión inmediata (*capacidad de percepción y de anticipación*) de una situación de juego, y en la capacidad para “activarse” y decidirse con velocidad por una acción de juego eficaz (*velocidad de decisión*).

La reacción instintiva rápida ante situaciones de juego “insospechadas” caracteriza sobre todo al delantero: su “olfato de gol” le permite actuar de forma sólo imaginable con una intuición rápida como el relámpago, anticipando las posibles situaciones próximas (*velocidad de anticipación*).

La *capacidad de arranque*, dependiente de la fuerza, también denominada “capacidad de aceleración” (v. pág. 383), como subcategoría de la velocidad de movimiento del jugador, permite plasmar en hechos lo observado o lo intuido, soltarse del contrario, “aparecer” de forma sorprendente en posiciones decisivas para el juego y volverse “peligroso cara al gol”. Finalmente, el trato perfecto con el balón bajo presión de tiempo, espacio y del contrario exige un alto grado de *velocidad de acción*.

El desarrollo óptimo de todos estos componentes parciales desemboca finalmente en la velocidad de actuación, decisiva para todos los deportistas en modalidades de juego (cf. Weineck, 1992, 423).

En su forma más compleja, la velocidad se manifiesta en la llamada rapidez o velocidad de actuación (cf. Konzag, 1983, 592; Demuth, 1984, 519; Schellenberger, 1986, 428; Schlimper/Brauske/Kirchgässner, 1989, 44). Está determinada por procesos de recepción y elaboración de la información y por la ejecución de la acción motora de la forma adecuada a la situación.

Las capacidades parciales de la velocidad anteriormente descritas, a saber, la velocidad de percepción, de anticipación y de decisión, desempeñan un papel importante para la recepción y la elaboración de la información. Para la ejecución de la acción motora de forma adecuada a la situación son importantes la capacidad de reacción (como resultado de procesos de reconocimiento y análisis de la situación y de procesos de decisión) y la velocidad de movimiento/acción (como expresión de la velocidad motora) (cf. Schlimper/Brauske/Kirchgässner, 1989, 44).

Así pues, la definición de la *velocidad de actuación* se puede esbozar de la siguiente forma:

Por *velocidad de actuación* entendemos una forma de velocidad compleja, específica de la modalidad. Es una característica de ejecución psicofísica que refleja, en situaciones de juego dadas, la velocidad de los procesos cognitivos y motores en curso, propios de las acciones de juego técnico-tácticas (reguladas a su vez, desde el punto de vista emocional y motivacional, de forma diferente según los individuos) (cf. Schlimper/Brauske/Kirchgässner, 1989, 44).

Un tratamiento más profundo de los otros tipos de velocidad ya mencionados, esto es, los tipos psíquicos y cognitivos, desbordaría el marco de este libro; por ello remitimos, entre otras posibilidades, a la exposición de Weineck (1992, 379).

Entrenabilidad de la velocidad

El factor de rendimiento *físico-coordinativo* que conocemos como velocidad –y que centrará nuestra atención durante la presente exposición– está determinado, según la opinión general, por la genética y es por tanto menos entrenable que, por ejemplo, la fuerza o la resistencia. Un adulto no entrenado puede mejorar, con el correspondiente entrenamiento, su mejor tiempo en los 100 m en un 15-20 %, superando este porcentaje sólo en casos excepcionales (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 288). Esta circunstancia tiene que ver con el hecho, ya mencionado, de que el modelo de distribución de las fibras musculares, y por tanto de inervación, está determinado genéticamente, y el entrenamiento lo mejora de forma limitada en comparación con el volumen (aumento de la sección transversa) y con la capacidad de coordinación, pero no lo cambia en lo tocante a la distribución porcentual.

Como muestran los estudios más recientes, las cualidades de velocidad “puras” o “elementales” (v. pág. 368) mejoran con especial facilidad en la edad escolar temprana y en la primera fase puberal (v. pág. 372; cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 84; Tabachnik, 1992, 23; Lehmann, 1993, 13, y 1993, 4; Voss, 1991, 47, y 1993, 5).

En cambio, los parámetros dependientes de la fuerza se desarrollan de forma óptima en un momento más tardío.

La velocidad es el factor de rendimiento físico que con el paso de los años disminuye de forma más precoz y más pronunciada.

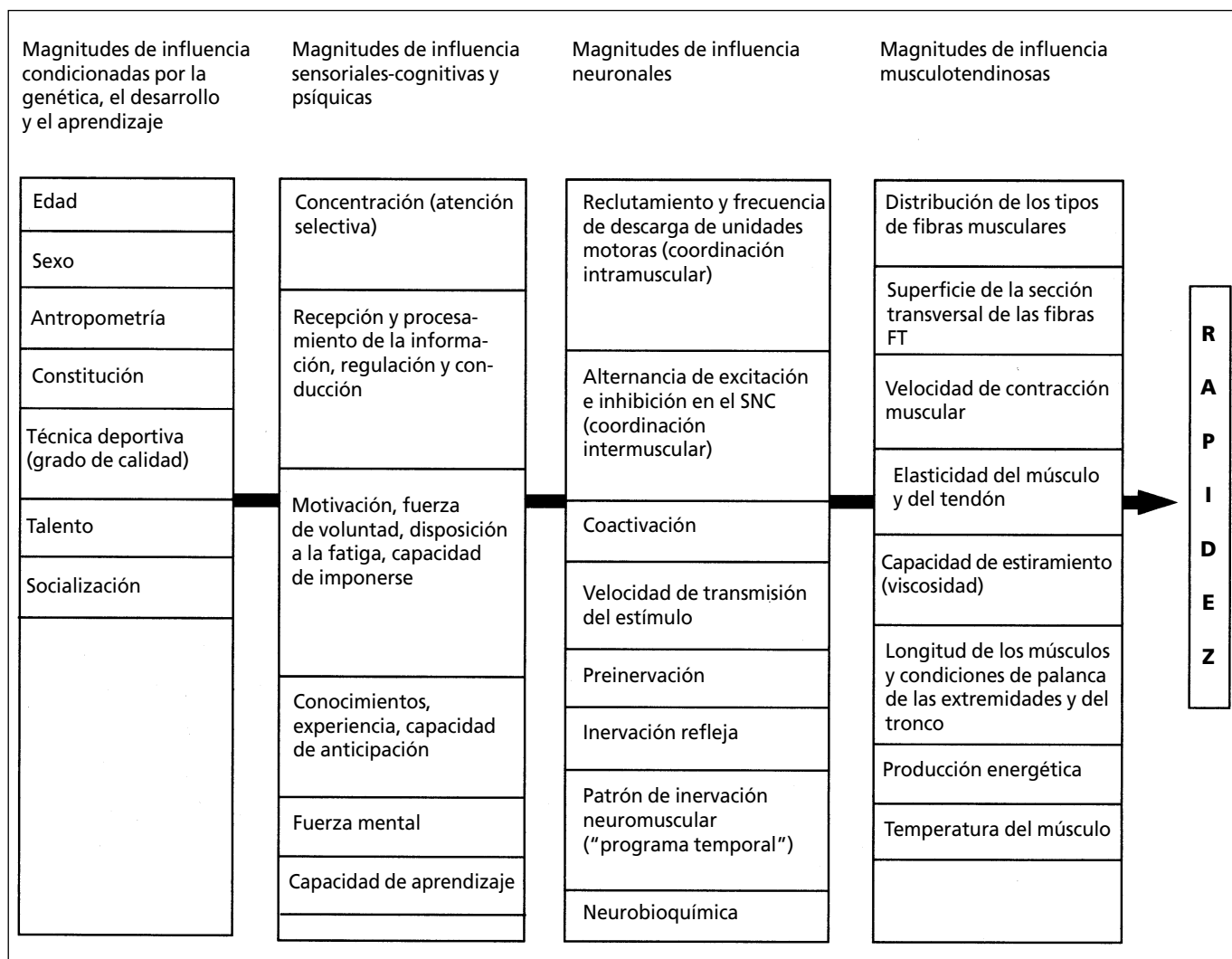


Figura 277. Magnitudes de influencia de la velocidad motora (modificado de Grosser, 1992, 21).

Fundamentos anatómo-fisiológicos del entrenamiento de la velocidad

La velocidad, como factor de rendimiento psicofísico complejo, depende de diferentes condiciones anatómicas y fisiológicas; el papel determinante para el rendimiento lo desempeñan sobre todo los componentes coordinativos y condicionales.

La figura 277 presenta una visión global resumida de las magnitudes de influjo que actúan sobre la rapidez motora. A continuación describiremos los más importantes de estos factores.

Tipo de musculatura

La velocidad de contracción de un músculo depende en gran medida de su porcentaje de fibras musculares de contracción rápida, denominadas fibras FT o de tipo II. Los es-

tudios sobre biopsias (muestras de tejido muscular obtenidas con una aguja especial) indican que el porcentaje de musculatura de contracción rápida es directamente proporcional a la velocidad de los movimientos (cf. Karlsson y cols., 1975, 358; Coyle y cols., 1979, 12; Inbar/Kaiser/Tesch 1981, 156; Brzang/Pieper, 1990, 97). La figura 278 muestra que un deportista con un porcentaje de más del 50 % de fibra muscular de contracción rápida presenta, en todos los ámbitos de velocidad, una fuerza de aceleración mayor que la de otro deportista con un porcentaje menor.

Los "esprinters natos" presentan un porcentaje de fibras FT mayor que, por ejemplo, los corredores de larga distancia (v. fig. 279).

Asimismo, los estudios de Tihanyi/Apor/Fekete (1983, 52) muestran la existencia de una relación estrecha entre composición de las fibras musculares y velocidad acíclica (documentada sobre el despegue del salto): cuantas menos fibras FT tiene un deportista, más dura su despegue.

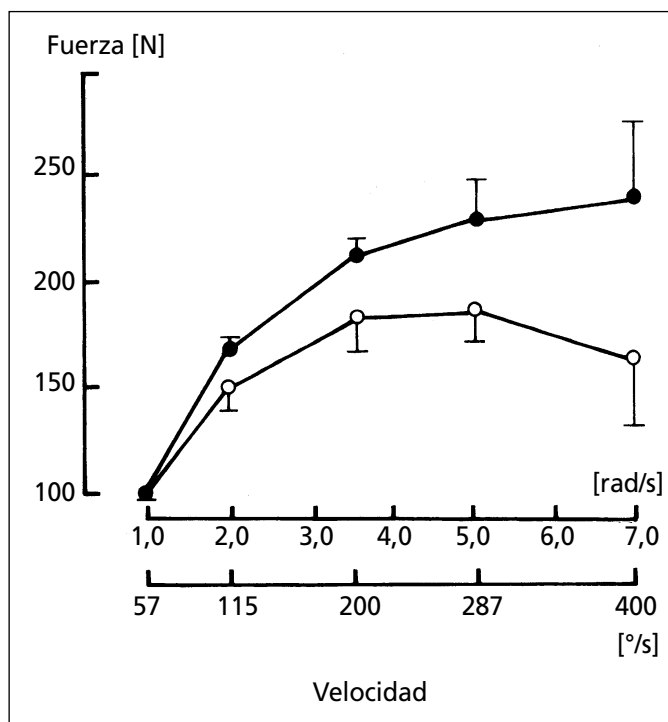


Figura 278. Fuerza rápida de los extensores de la pierna dependiendo de la composición de sus fibras musculares.

• = deportistas con un porcentaje de fibras FT superior al 50 %.
 o = deportistas con un porcentaje de fibras FT inferior al 50 %.
 (de Coyle y cols., 1979, 12).

En este contexto interesa señalar el hecho de que los niños presentan, en relación con los adultos, un porcentaje mayor de las llamadas *fibras intermedias*. Mientras que dicho porcentaje se sitúa en los chicos en el 13 % y en las chicas en el 7,6 %, el adulto presenta un porcentaje de sólo el 2-3 % (cf. Blinkhorst/Kemper/Saris, 1985, 327). Si los niños practican en un momento temprano un entrenamiento orientado hacia la velocidad, como ocurre en los juegos deportivos, incrementan su porcentaje de fibras musculares de contracción rápida, debido a la transformación de fibras intermedias en fibras FT, y optimizan así su composición de fibras musculares determinada genéticamente con vistas a un mayor potencial de fuerza rápida.

Consecuencias para el entrenamiento de la velocidad:

Los estímulos de velocidad aplicados en un momento temprano –esto es, un entrenamiento ya en la edad infantil, lúdico y centrado en la velocidad (v. pág. 340)– ejercen una influencia considerable sobre el nivel de las cualidades de velocidad y de fuerza rápida que se podrá alcanzar con posterioridad.

El promedio de fibras FT, o del tipo IIb, decisivo para la velocidad, se puede incrementar mediante un entrenamiento especial de la velocidad o de la fuerza (v. pág. 276).

Por encima del 25 % de la fuerza máxima isométrica (Karlsson y cols., 1975, 357) o del 90 % de la capacidad de consumo máximo de oxígeno (Piehl, 1975, 33) –esto correspondería más o menos al desarrollo de fuerza en una carrera de velocidad constante y elevada– se produce una sollicitación selectiva de las fibras FT, y por tanto un aumento de grosor originado por el ejercicio (cf. también Schlicht y cols., 1990, 87).

Fuerza de la musculatura

Las diferencias en cuanto a la capacidad de rendimiento en el ámbito de la velocidad –sobre todo en relación con uno de sus componentes parciales, la fase de aceleración– se basan en un nivel de partida diferente de las capacidades de coordinación y de fuerza. Una mejora de la fuerza específica va asociada siempre a un aumento de la velocidad de movimientos.

Como muestran los estudios de Kuhn/Droste/Steinhöfer (1985, 48), el rendimiento de esprint en la carrera de 60 m se puede explicar en un 88 % por la capacidad de aceleración (fuerza de esprint) y por la fuerza de salto horizontal y vertical (v. fig. 280).

Karl (1972, 275) explica este hecho señalando que el aumento de la sección transversa del músculo permite un mayor número de uniones puente por unidad de tiempo para el deslizamiento de actina y miosina, e incrementa por tanto la velocidad de contracción.

El aumento de la sección transversa de las fibras musculares en las unidades motoras activadas sincrónicamente supone además un descenso del peso por unidad y, por tanto, una contracción más rápida (cf. Paerisch 1974, 128).

La magnitud de los impulsos de fuerza ejerce una marcada influencia sobre la longitud y la frecuencia de la zancada: si el impulso de fuerza es mayor en la fase de apoyo, aumenta la longitud de la zancada y disminuye el tiempo de apoyo, para aumentar a continuación la frecuencia de la zancada. Así pues, para mejorar la velocidad de carrera, el impulso de fuerza, unido a las cualidades coordinativas, es un factor determinante para el rendimiento.

El ejemplo que propone Groh (cit. en Knebel, 1972, 27) podría resumirse así: un corredor de 70 kg tiene un impulso de fuerza medio de 45,5 kg/s. A partir de aquí se calcula –con un promedio de 0,1 s de tiempo de apoyo– el promedio de fuerza de apoyo de la almohadilla del pie en 455 kg. Para reducir el tiempo de carrera en un segundo aproximadamente, un corredor de 70 kg debería producir un impulso de fuerza adicional de 7 kg/s con cada zancada. Esto corresponde –con un tiempo de apoyo de 0,1 s– a una fuerza de empuje adicional de la almohadilla del pie de 70 kg por cada zancada.

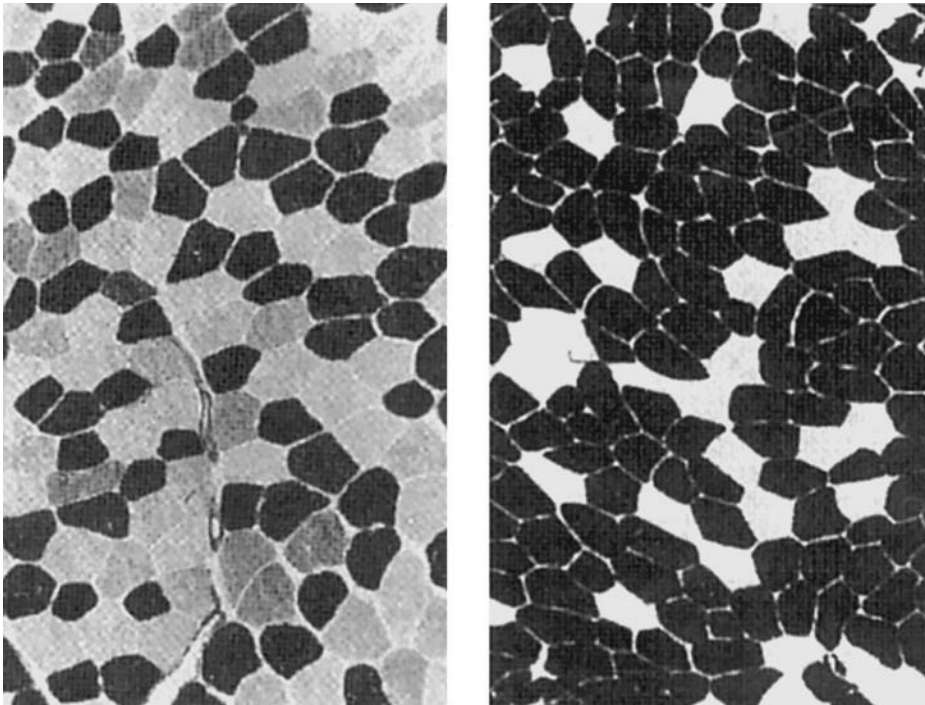


Figura 279. Distribución de las fibras musculares en un esprinter (fibras claras del tipo FT o IIb) y en un ciclista (fibras oscuras del tipo ST o I) (de Howald, 1984, 6).

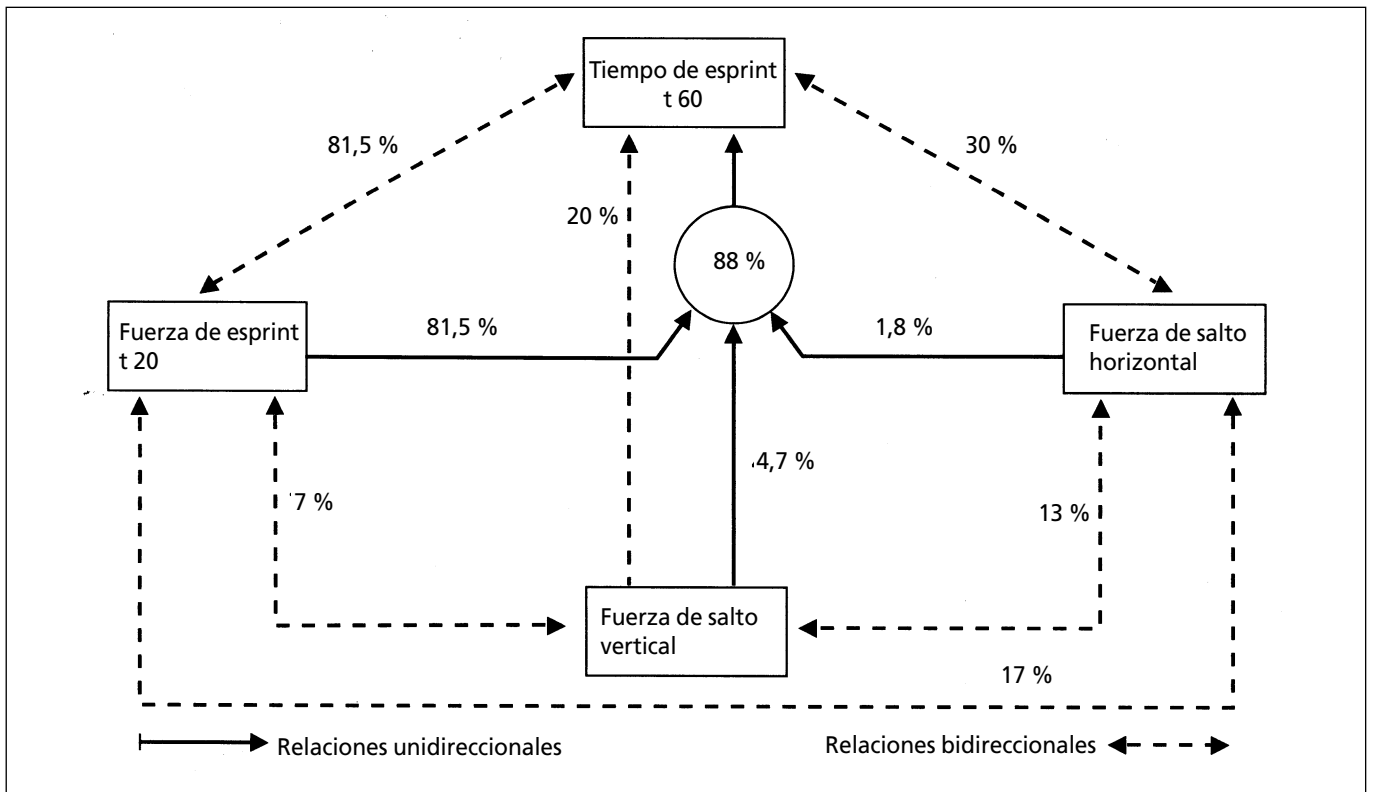


Figura 280. Influencia de las características de fuerza rápida sobre el tiempo de esprint en los 60 m (de Kuhn/Droste/Steinhöfer, 1985, 48).

Así pues:

Una mejora –por entrenamiento– de la fuerza específica de la velocidad va unida siempre a un aumento de la fuerza de esprint, esto es, de la velocidad de arranque.

Sin embargo:

Con movimientos muy simples desde el punto de vista de la coordinación, un entrenamiento de la fuerza máxima puede reflejarse de forma inmediata en una mayor

velocidad de movimiento; en cambio, con movimientos más exigentes y complejos –como, por ejemplo, los que exigen las modalidades de juego– dicho entrenamiento no tiene ya una incidencia tan clara (cf. Kunz/Unold, 1990, 28).

Así pues, la fuerza tiene que desarrollarse siempre en la forma específica de la modalidad (v. pág. 276).

Como resumen podemos afirmar que, en general, el entrenamiento modifica la distribución hereditaria de las fibras FT y ST sólo dentro de sus subcategorías (v. pág. 79); como únicas excepciones encontramos los casos, ya comentados, del trabajo precoz de la velocidad en la edad infantil y del entrenamiento intensivo y frecuente de la resistencia, que puede originar una transformación de fibras FT en fibras ST. En cambio, sí modifica su grado de desarrollo y por tanto su volumen (cf. Saltin, 1973, 139; Karlsson y cols., 1975, 358).

Bioquímica de la musculatura

La velocidad máxima del deportista depende en gran medida de la cuantía y del tipo de las reservas de energía en la musculatura de trabajo (piernas), y de su velocidad de movilización posible. Como se puede ver en la figura 281, la velocidad máxima descende al aumentar la duración de la carrera, pues los diferentes productos energéticos permiten una tasa diferente de flujo energético (liberación de energía por unidad de tiempo).

Las reservas de ATP en la célula muscular se sitúan en torno a los 6 mmol/kg de músculo, y con contracciones máximas bastan para cubrir un tiempo de entre 2 y 3 se-

gundos. Las reservas de CP se sitúan aproximadamente en 21 mmol/kg de músculo, y con un trabajo de contracción máxima son suficientes para un tiempo de entre 6 y 10 segundos (cf. Keul/Doll/Keppeler, 1969, 20/22; Mader y cols., 1983, 18/19).

En carreras máximas se produce una rápida degradación de los fosfatos ricos en energía, y por tanto un descenso de la velocidad de carrera (v. fig. 282).

Con cargas breves y máximas de velocidad y de fuerza rápida (arranques, saltos), el metabolismo del ATP se multiplica por 500 o por 600 en relación con las condiciones de reposo (cf. Hultman/Spriet/Södelund, 1988, 63). Ello exige una capacidad metabólica y una capacidad de movilización máximas en el ámbito de las enzimas. La forma de conseguir estos máximos pasa por incrementar en un 400 %, al inicio de la carga de esprint, la secreción de hormonas del estrés (adrenalina y noradrenalina, denominadas también en conjunto catecolaminas) y la secreción de betaendorfina (un derivado de la morfina producido por el cuerpo) (cf. Boobis, 1988, 116).

El motivo de este poderoso ascenso de las catecolaminas es la transformación de la fosforilasa, enzima decisiva para la degradación de la glucosa, pasando de la forma inactiva *a* a la forma activa *b* y permitiendo así un metabolismo rápido de la glucosa (cf. Chasiotis y cols., 1983). El ascenso en términos comparables de la betaendorfina se relaciona con una mejor tolerancia al dolor, necesaria en acciones de lucha, y un retraso de la fatiga nerviosa central (cf. Haynes y cols., 1983, 415).

El hecho de que los deportistas –sobre todo los jugadores– puedan producir, incluso al final de un partido de campeonato agotador, rendimientos extraordinarios de velocidad, de fuerza rápida y de arranque tiene que ver con la resíntesis en tiempo mínimo, mediante las reservas de CP, del ATP necesario para dichos rendimientos: a través del

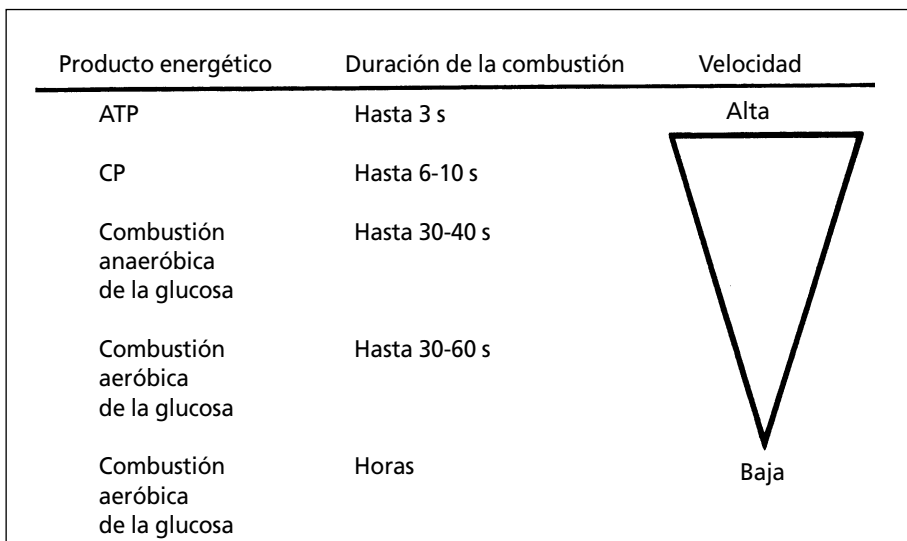


Figura 281. La velocidad en función del suministro energético. La duración de la combustión de cada producto energético varía al hacerlo las existencias.

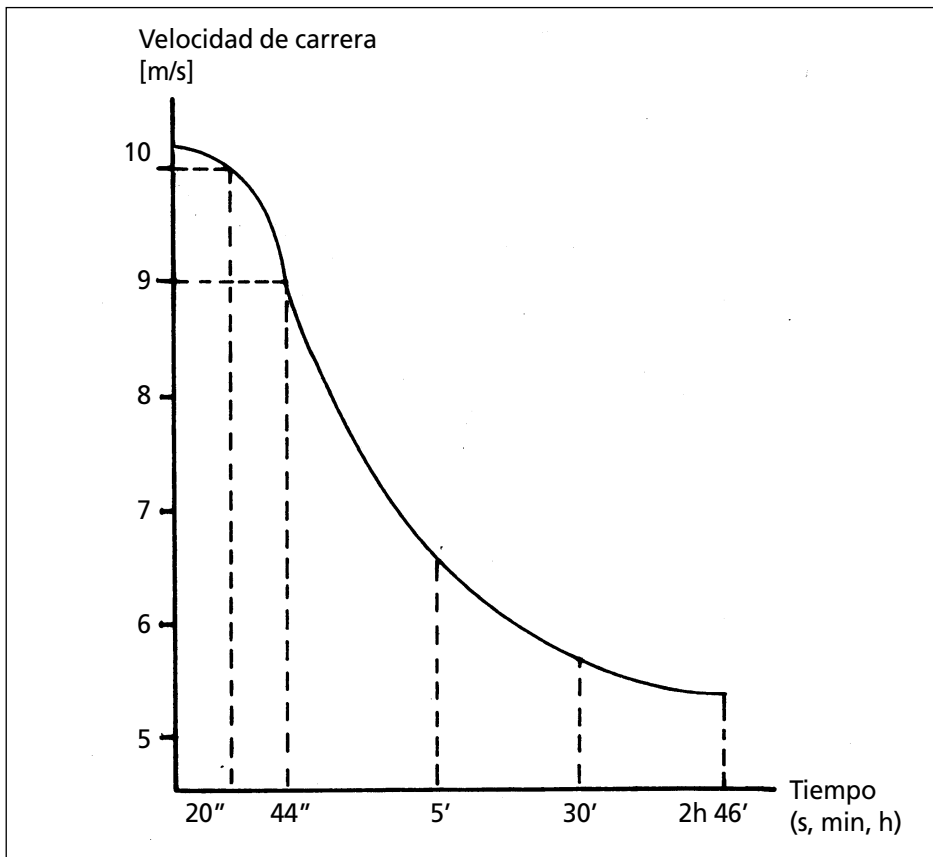


Figura 282. La velocidad máxima en función del tiempo (modificado de Farfel y cols., citado en Matveiev, 1981, 52).

CP el ADP producido por el consumo de ATP se transforma de nuevo en ATP por la vía rápida, esto es, sin los diez pasos intermedios que requiere la glucólisis. La resíntesis del ATP a través del CP se produce siempre en mayor medida cuando el suministro energético aeróbico o anaeróbico resulta insuficiente por tratarse de intensidades máximas.

Debido a su importancia para la resíntesis rápida del ATP —el producto energético inmediato—, el CP se repone con especial velocidad. Después de una serie breve de repeticiones de fuerza máximas (saltos o arranques), las reservas de CP vuelve a estar repletas en menos de 3 segundos (cf. Kùchler, 1983, 143; Lehnertz, 1985, 32; Martin, 1987, 385).

Atención. La resíntesis inmediata del fosfato de creatina está limitada por la disponibilidad de oxígeno. Así pues, una buena *resistencia de base* (v. pág. 131), que garantice un suministro óptimo de energía y de oxígeno, y unos descansos *activos* después de la carga —que permitan una mejor oferta de oxígeno— pueden influir, en el sentido de una optimización, sobre una regeneración rápida de esta importante reserva energética.

En distancias de carrera más largas, o bien en carreras en sucesión rápida, con una resíntesis incompleta de los fosfatos ricos en energía, sobre todo de las reservas de CP, el papel importante pasa a desempeñarlo la glucólisis (combustión de glucosa sin oxígeno). Se la conoce también como *suministro energético anaeróbico láctico* (con formación de ácido láctico).

Si el CP se degrada (defosforila) en menos de 3 mmol/kg de músculo, se produce una activación máxima de la glucólisis.

La figura 283 muestra el comportamiento de los fosfatos ricos en energía (ATP, CP) y los procesos glucolíticos sobre el ejemplo de un esprint de 100 m.

Como muestran los estudios de Hellwig *et al.*, (1988, 393), después de varios esprints máximos por encima de los 30 m estamos ya ante una participación considerable de los procesos glucolíticos en el suministro energético general.

Al aumentar la distancia de carrera, aumentan de forma progresiva las concentraciones de lactato (v. fig. 284).

La participación de los procesos glucolíticos en el suministro energético con esprints cortos y arranques muestra la importancia de las reservas musculares de glucógeno (v. pág. 82).

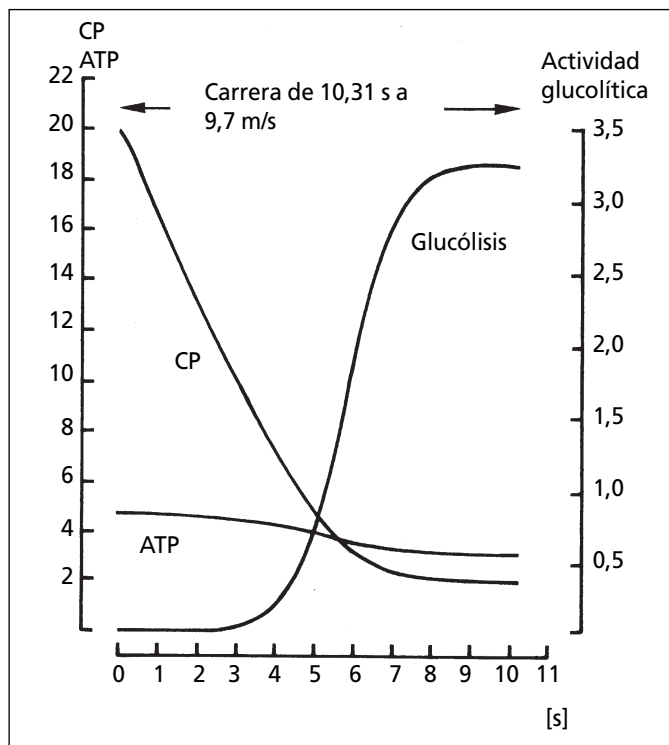


Figura 283. Comportamiento de los fosfatos ricos en energía (ATP, CP) y de la actividad glucolítica durante una carrera de 100 m (modificado de Gavagna y cols., citado en Mader y cols., 1983, 19).

La mejora del estado de entrenamiento, expresada sobre todo en un ascenso de las reservas energéticas musculares, aumenta las posibilidades psicofísicas de conseguir movilizaciones intensas y orientadas hacia la velocidad.

Con un entrenamiento específico se puede aumentar la presencia en el músculo de fosfatos ricos en energía; nos referimos sobre todo a las reservas de fosfato de creatina (CP) (Pansold, 1973, 110) y a las reservas de glucógeno, determinantes para la glucólisis anaeróbica: el CP y el ATP crecen en torno al 20 %, y el contenido en glucógeno, alrededor del 60 % (cf. Keul/Berg, 1985, 72; Medbö/Burgers, 1990, 505). En paralelo a este proceso aumenta la actividad de las enzimas participantes en el metabolismo de dichos fosfatos ricos en energía (cf. Costill y cols., 1979, 96; Howald, 1982, 1; Berg/Keul, 1985, 76).

Thorstensson y cols. (1975, 313 s.) observaron, después de un entrenamiento del esprint de 2 meses de duración y tres o cuatro sesiones semanales, ascensos de la ATPasa en torno al 30 % (enzima que cataliza la reacción $ATP \rightleftharpoons ADP + P + \text{energía}$), de la miocinasa en torno al 20

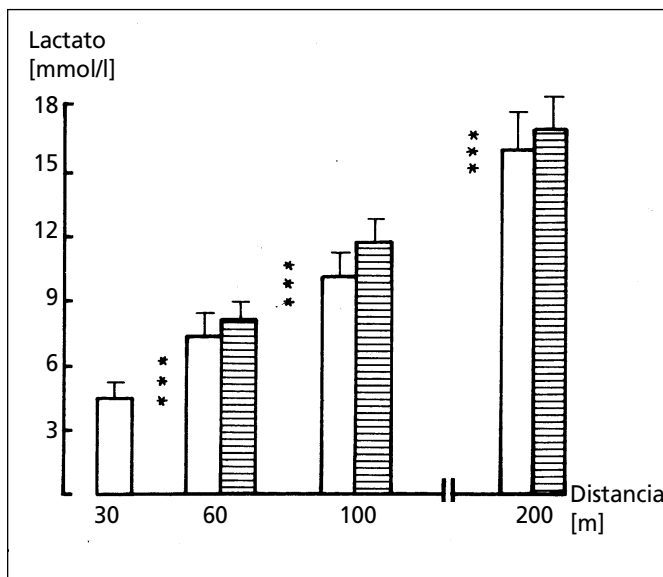


Figura 284. Nivel de lactato en sangre después de cargas de esprint en diferentes longitudes de carrera. Columna en blanco = test. Columna rayada = competición (de Hellwig y cols., 1988, 393). * = diferencia significativa

% (enzima que cataliza la reacción $ADP + ADP \rightleftharpoons ATP + AMP$) y de la creatinfosfoquinasa (CPK) en torno al 36 % (enzima que cataliza la reacción $CP + ADP \rightleftharpoons ATP + C$) (cf. también Badtke, 1989, 372 y 374).

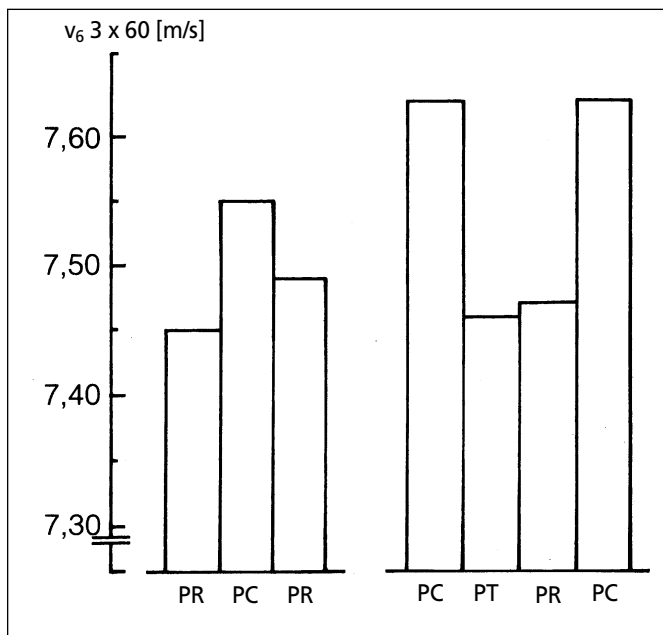


Figura 285. Nivel de la "capacidad de rendimiento aláctica" (representado mediante el parámetro v_6 , calculado a su vez a partir del test escalonado 3 x 60 m) en diferentes períodos de entrenamiento. PR = pretemporada; PC = período de competición; PT = período de transición (de Hellwig y cols., 1988, 400).

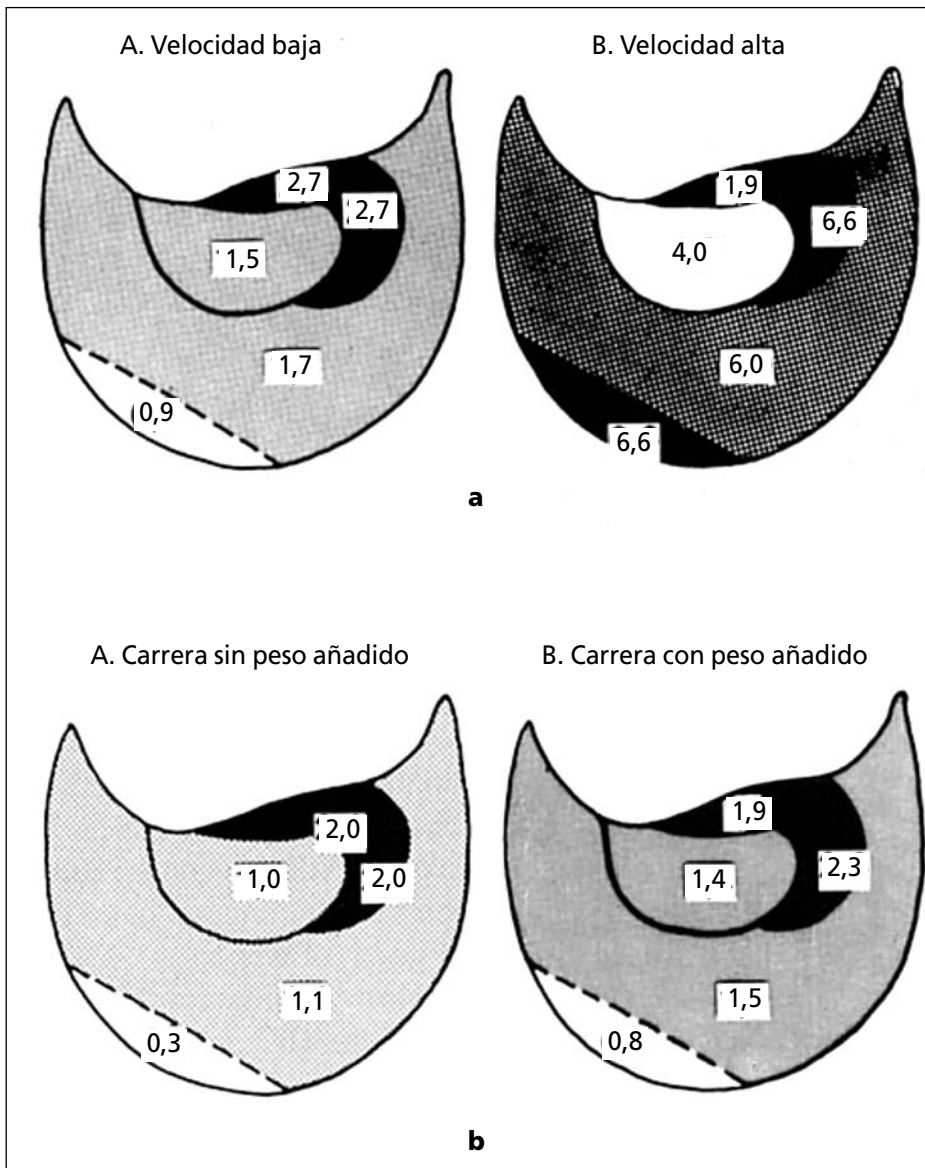


Figura 286. Diferencias en la degradación del glucógeno (expresadas en mmoles de unidades de glucosa/kg/min) en el músculo triceps sural con diferentes velocidades de carrera (A) y en carreras con y sin peso añadido (24 % del peso corporal) (B). Análisis del contenido de glucógeno mediante biopsia muscular (de Armstrong y cols., 1983, 778/779).

Con el aumento de las reservas y de la actividad enzimática crece la velocidad de contracción del músculo (cf. Barany, citado en Piehl, 1975, 34, 38).

Como se puede ver en la figura 285, la capacidad anaeróbica aláctica –y lo mismo se puede decir de la láctica– sufre modificaciones relativamente bruscas en el transcurso de los diferentes periodos de entrenamiento, dependiendo de los descansos de entrenamiento (vacaciones pasivas, sin trabajo de mantenimiento) y de las diferencias en la configuración del entrenamiento (p. ej., un entrenamiento centrado en el volumen y no en la intensidad). Para optimizar el entrenamiento de la velocidad en relación con el crecimiento de las reservas energéticas musculares, y para elevar la actividad de las enzimas que las metabolizan, se debe en-

trenar siempre con intensidades de salida máximas. No obstante, debemos respetar las regularidades vigentes para evitar una barrera de la velocidad (v. pág. 411).

La figura 286 muestra que las diferentes intensidades de entrenamiento producen una sollicitación muscular y metabólica diferente. Con carga escasa se sollicitan grupos musculares (v. también pág. 367, fig. 288), unidades motoras (p. ej., con fibras musculares de contracción muy lenta) y vías metabólicas diferentes de los que se sollicitan con carga elevada o máxima. Las diferencias en la degradación de la glucosa en el músculo al variar la carga permiten ver la forma tan específica en que el músculo reacciona ante las diferentes cargas.

Para registrar los efectos detallados de un entrenamiento sobre las distintas fibras musculares, la medicina del deporte utiliza el análisis de amoníaco (en el comercio se

puede conseguir un controlador de amoníaco apropiado para este fin, v. Lehnertz, 1986, 53). Un ascenso máximo del amoníaco sólo se produce con intensidades máximas, lo cual es indicio de que la sollicitación de las fibras de contracción rápida del tipo IIb tiene relación con el metabolismo (cf. fig. 318, v. Banister y cols., 1985, 34; Schwarke y cols., 1987, 447; Weikker, 1988 172; Schlicht y cols., 1990, 87).

El entrenamiento de la velocidad con velocidades submáximas –como ocurre, p. ej., con el entrenamiento interválico intensivo– no produce una mejora óptima de los parámetros bioquímicos específicos de la velocidad, pues no se genera un metabolismo (de degradación) máximo del potencial energético ni una carga coordinativa óptima (cf. Meder y cols., 1983, 21). Sólo un entrenamiento del esprint con velocidad máxima, esto es, con esfuerzo pleno, proporciona un resultado de entrenamiento óptimo a través de las fibras musculares y de las vías metabólicas “correctas”.

El trabajo en estado de fatiga supone una aportación tan escasa como la del entrenamiento de la velocidad “cumplido” sin interés y sin motivación.

Procesos de regulación neuromuscular y patrones de inervación (“programas temporales”) como fundamentos del componente coordinativo del rendimiento

Una salida vigorosa con una frecuencia de movimientos elevada sólo se puede conseguir con una alternancia muy rápida entre excitación e inhibición y con las correspondientes regulaciones del sistema neuromuscular, asociadas a una aplicación óptima de la fuerza (cf. Harre, 1976, 163). Sólo una coordinación motora óptima, tanto intermuscular como intramuscular, permite mejorar la interacción de agonistas y antagonistas y aumentar el número de las unidades motoras activadas al mismo tiempo, mejorando así la fuerza de aceleración de la musculatura de trabajo. Para optimizar la velocidad de salida, la coordinación intermuscular e intramuscular sólo se puede desarrollar en su plenitud cuando se ha entrenado en las condiciones específicas de la modalidad y con una intensidad máxima.

En movimientos efectuados con velocidad submáxima se activa, como ya hemos mencionado, un patrón de inervación intramuscular diferente al que se activa con velocidad máxima (cf. Rühl/Wittekopf, 1984, 234).

En carreras con velocidades diferentes no sólo cambia la técnica de carrera, sino también la actividad de los músculos participantes (figs. 287 y 288). Como la actividad

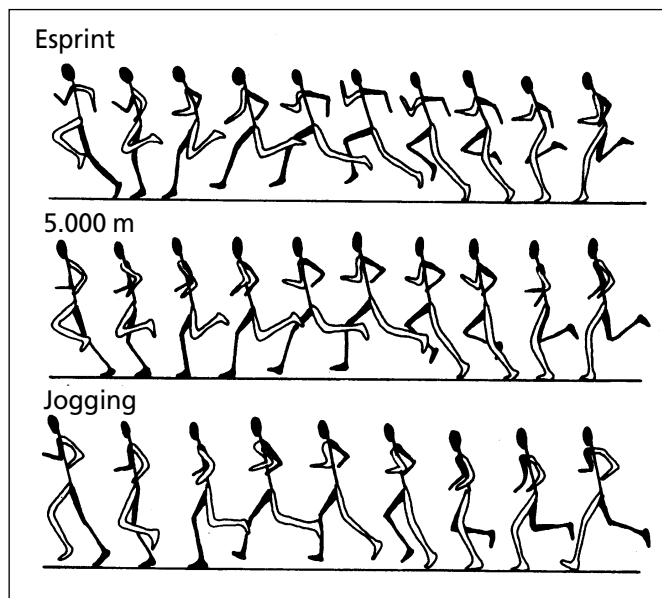


Figura 287. Técnica de carrera con diferentes velocidades (modificado de Kunz/Unold, 1988, 19).

muscular (constatable mediante las correspondientes mediciones EMG), y por tanto la coordinación intramuscular e intermuscular, dependen de la carga, de la velocidad del movimiento, de la posición angular y de la ejecución del movimiento, este juego conjunto de la musculatura tiene que entrenarse con preferencia en situaciones similares a las de la competición.

Para comprender mejor la siguiente argumentación hemos de comentar aquí una distinción conceptual que se ha establecido en el ámbito de la velocidad: las condiciones *elementales* de la velocidad, que constituyen el correlato coordinativo de la velocidad, frente a las condiciones *complejas* de la velocidad, que se refieren a la capacidad de aceleración, a la velocidad máxima de carrera y a la resistencia de la velocidad (v. pág. 267). Como se puede ver en la figura 296, pág. 377, la rapidez de carrera no se puede equiparar al rendimiento complejo en el esprint corto (75 m, 100 m). No obstante, existe entre ambos una estrecha relación.

Una mejora de la velocidad de carrera produce en cualquier caso la mejora del rendimiento en el esprint corto (cf. Lehmann, 1993, 11).

La velocidad de carrera en la forma de velocidad máxima de carrera se caracteriza por una elevada participación de los componentes neuronales. No obstante, es sustancialmente más compleja y está determinada además por factores relacionados con la constitución física, con la fuerza y con la flexibilidad (cf. Lehmann, 1993, 11).

Importante. “En el moderno sistema de entrenamiento se tiene en cuenta que los rendimientos de elite en una

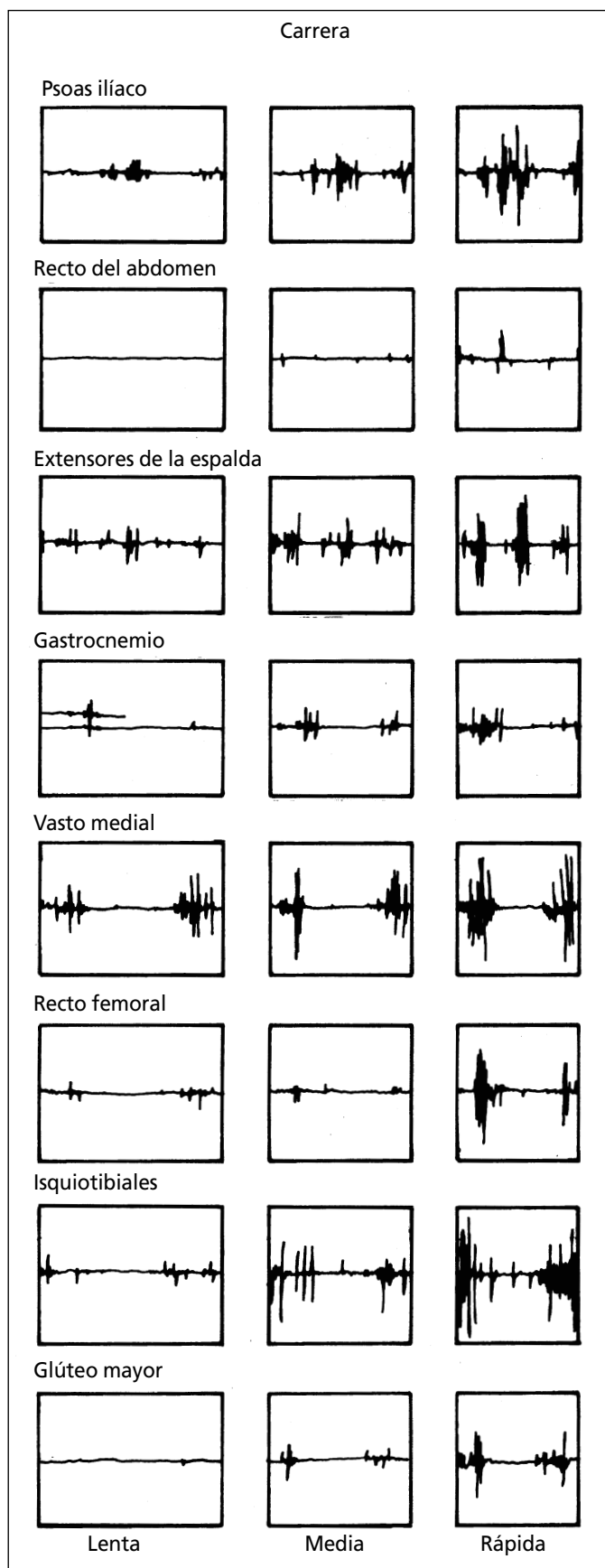


Figura 288. Intervención de los músculos con velocidades diferentes (de Kunz/Unold, 1988, 21).

disciplina se fundamentan en condiciones básicas extraordinariamente bien formadas en el plano de cada uno de los sistemas funcionales del organismo humano” (Voss, 1993, 5).

En este contexto, las condiciones de rendimiento vinculadas directamente a un único sistema funcional se denominan condiciones elementales del rendimiento (cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 16 y 47; Voss, 1993, 5; Lehmann, 1993, 15).

Como se puede ver en la figura 289, las condiciones complejas del rendimiento surgen de la interacción de varias condiciones elementales. Y sólo unas cuantas condiciones complejas del rendimiento producen en su interacción el rendimiento deportivo de competición en una disciplina.

En la figura 289, Voss (1993, 5) describe de una forma sencilla, válida para todos los rendimientos deportivos, la relación entre las condiciones del rendimiento elementales y complejas.

Un rendimiento coordinativo óptimo en el ámbito de la velocidad se caracteriza, según estudios recientes –mencionemos entre éstos los trabajos de Bauersfeld/Voss (1992) y Lehmann (1993)–, por la calidad de los procesos neuromusculares de regulación y conducción, que se reflejan en un determinado patrón de inervación y se engloban en la noción de “programa temporal”.

Como ya hemos mencionado en el capítulo “entrenamiento de la fuerza” (v. pág. 217), distinguimos entre un programa temporal “corto”, rápido, típico del corredor de talento, y un programa temporal “largo”, característico de personas con cualidades de velocidad poco marcadas. Estos programas temporales intervienen tanto en la velocidad elemental acíclica como en la cíclica; están determinados en gran medida por variables neuronales y neoromusculares, independientes de la fuerza y no específicas del sexo (cf. Bauersfeld/Voss, 1992; Lehmann, 1992, 12/15 y 1993).

La velocidad elemental acíclica y la velocidad cíclica (v. también pág. 356) son condiciones de la velocidad independientes una de otra.

Como se puede ver en numerosos estudios, existen deportistas con mucha velocidad cíclica y poca acíclica, y viceversa; también se pueden observar niveles igualmente elevados en algunos deportistas (esprinters de talento), e igualmente bajos (cf. Fischer, 1990, 21; Bauersfeld/Voss, 1992; Lehmann, 1993, 15).

Para la velocidad elemental acíclica –que se calcula con relativa sencillez mediante el salto en profundidad (v.

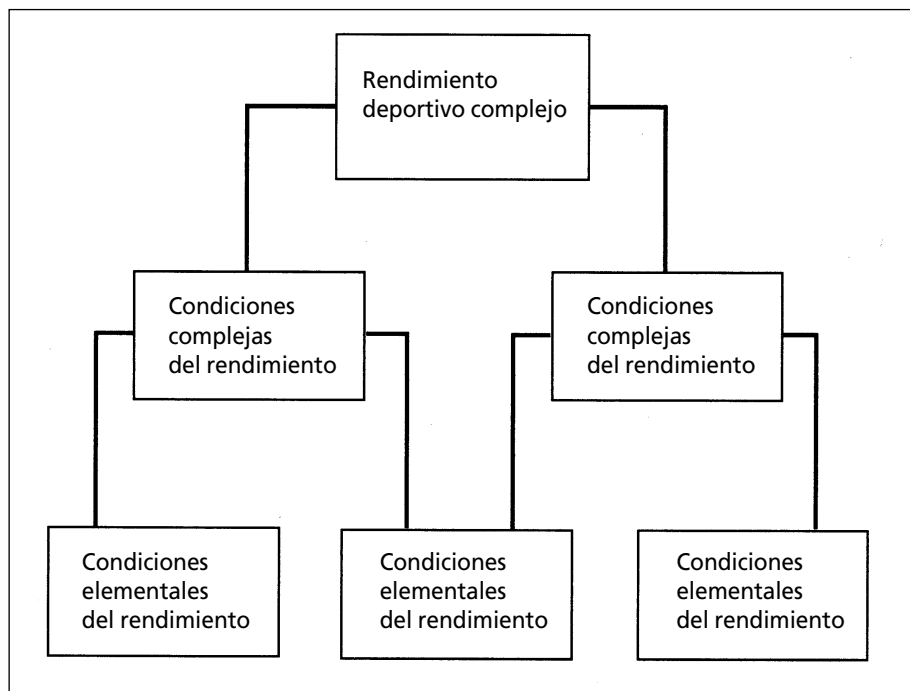


Figura 289. Representación simplificada de la relación entre condiciones del rendimiento elementales y complejas, entre sí y con la capacidad de rendimiento deportivo (de Voss, 1993, 5).

pág. 415)– los tiempos de contacto por debajo de los 170 ms se consideran expresión de un programa temporal corto.

Para la velocidad elemental cíclica –que se calcula mediante el llamado *foot tapping* (v. pág. 414)– los valores superiores a 12 Hz (aquí contactos con el suelo por segundo) indican la presencia de un programa temporal rápido, en un ancho de banda desde 6,80 hasta 16,56 Hz (cf. Fischer, 1989; Lehmann, 1992, 15; Bauersfeld/Voss, 1992, 26).

La calidad del programa temporal elemental acíclico y cíclico no está determinada primordialmente por el grado de asentamiento de las condiciones de fuerza, ni presenta claras diferencias específicas entre los sexos (Bauersfeld/Voss, 1992, 34; Lehmann, 1992, 16; v. fig. 290).

La independencia respecto de la fuerza la refleja también el hecho de que los programas temporales apenas se modifican al aumentar la altura de caída; este aumento significa un ascenso de la carga, que multiplica el peso del cuerpo (v. tabla 49).

La figura 290 permite observar, por una parte, la ausencia de diferencias específicas por sexo en las condiciones elementales de la velocidad (velocidad acíclica y cíclica, cociente de velocidad), y muestra, por otra parte, las diferencias existentes entre los sexos en relación con las condiciones complejas de la velocidad, dependientes en gran medida de la fuerza.

Las diferencias específicas por sexo en cuanto a la velocidad máxima de carrera se explican, sobre todo, por las diferentes condiciones de fuerza.

Llama la atención el hecho de que los valores medios de las condiciones de velocidad cíclica apenas se diferen-

Sujeto	Programa temporal	Altura de caída				
		23 cm	48 cm	68 cm	88 cm	108 cm
A	Corto	113 ms	127 ms	125 ms	124 ms	127 ms
B	Largo	188 ms	204 ms	207 ms	194 ms	200 ms
C	Corto/largo	114 ms	129 ms	165 ms	175 ms	187 ms

Tabla 49. Programa temporal y tiempo de apoyo medio con diferentes alturas de caída en sujetos de prueba escogidos (de Bauersfeld/Voss, 1992, 34)

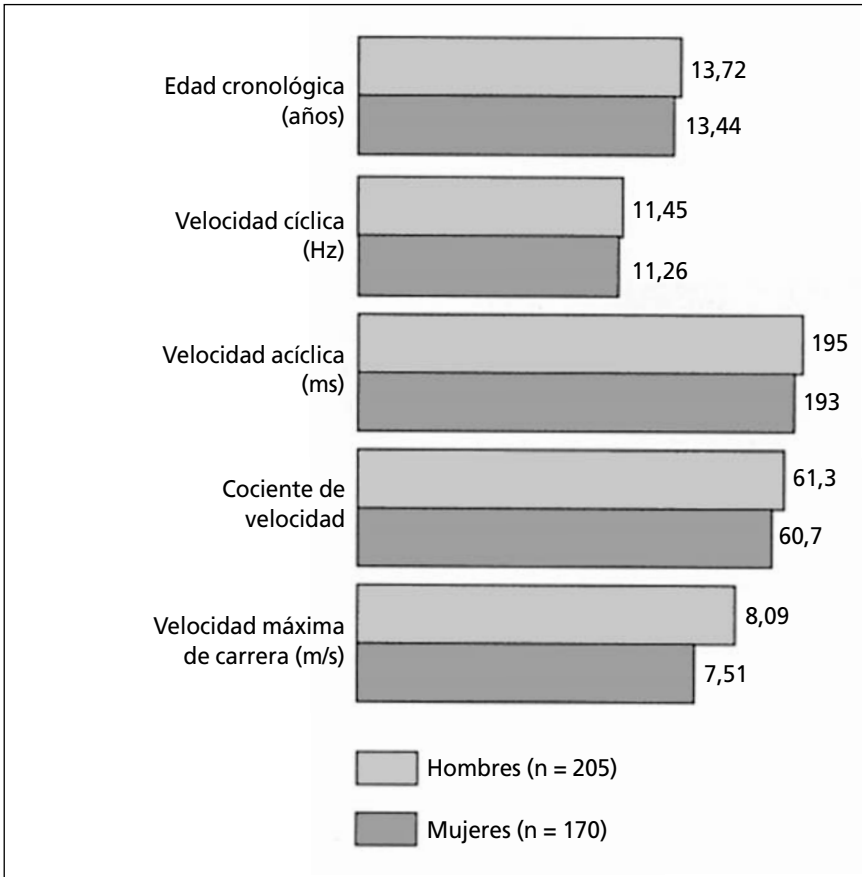


Figura 290. Valores medios de velocidad máxima de carrera y de condiciones de velocidad en sujetos de ambos sexos (de Lehmann, 1992, 16).

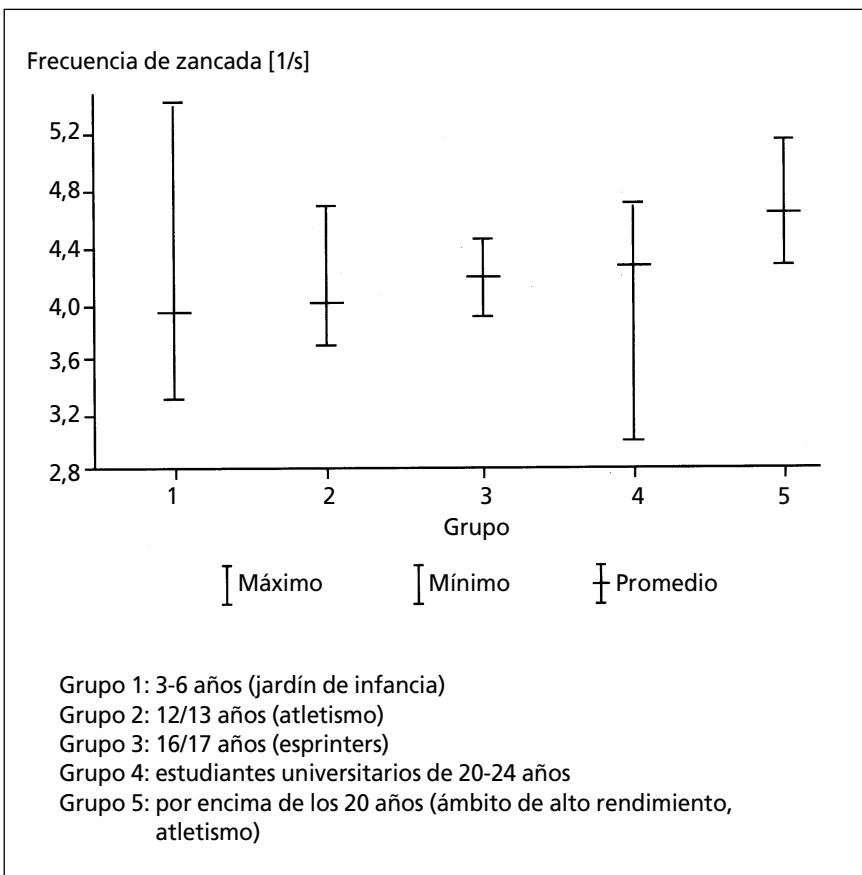


Figura 291. Frecuencia de zancada (contactos por segundo) y edad (en años) (de Bauersfeld/Voss, 1992, 25).

cien con el paso de la edad, pese al aumento progresivo de la velocidad máxima de carrera (v. fig. 291), otro indicio de la independencia y del origen genético del componente cíclico de la velocidad (cf. Lehmann, 1992, 16).

Lehmann (1993, 14) señala que tanto en el ámbito de la velocidad acíclica –basándose en el tiempo de apoyo en el salto pliométrico– como en el de la velocidad cíclica –basándose en el *foot tapping*– de los niños se pueden conseguir rendimientos de programa temporal (v. pág. 422) aproximados a los conseguidos por los esprinters de elite.

El entrenamiento contribuye en una medida limitada a modificar el programa temporal elemental (v. fig. 292, cf. pág. 218).

Actualmente, el registro separado de la rapidez “pura” –mencionada al comienzo de este capítulo–, en la forma de las condiciones de velocidad elementales (velocidad cíclica y acíclica), es indispensable tanto en el aspecto del diagnóstico del rendimiento como en el de la metodología del entrenamiento.

La separación entre los componentes neuronales y los dependientes de la fuerza en la velocidad máxima de carrera se explica porque de esta forma su desarrollo se puede optimizar en el proceso de consolidación a largo plazo del

rendimiento, de acuerdo con las condiciones ontogenéticas específicas de la edad (cf. Lehmann, 1992, 13).

Por este motivo, Lehmann (1991) ha propuesto el llamado “cociente de velocidad”, que tiene en cuenta en mayor medida las condiciones neuronales del rendimiento (cf. fig. 293, v. también Bauersfeld/Voss, 1992, 96).

Como muestra la figura 293, el cociente de velocidad resulta de la relación entre la velocidad cíclica y la acíclica. Para el registro de la velocidad cíclica se utiliza el *foot tapping* en ambos lados, y para el registro de la velocidad acíclica, el tiempo de apoyo en el salto en profundidad (v. diagnóstico del rendimiento, pág. 415).

Ejemplo. Con una frecuencia de *tapping* de 12 Hz (12 contactos por segundo) y un tiempo de contacto de 170 ms en el salto en profundidad resulta un cociente de velocidad de

$$(12 \cdot 1000 / 170) = 70,58$$

que indica un nivel superior al promedio.

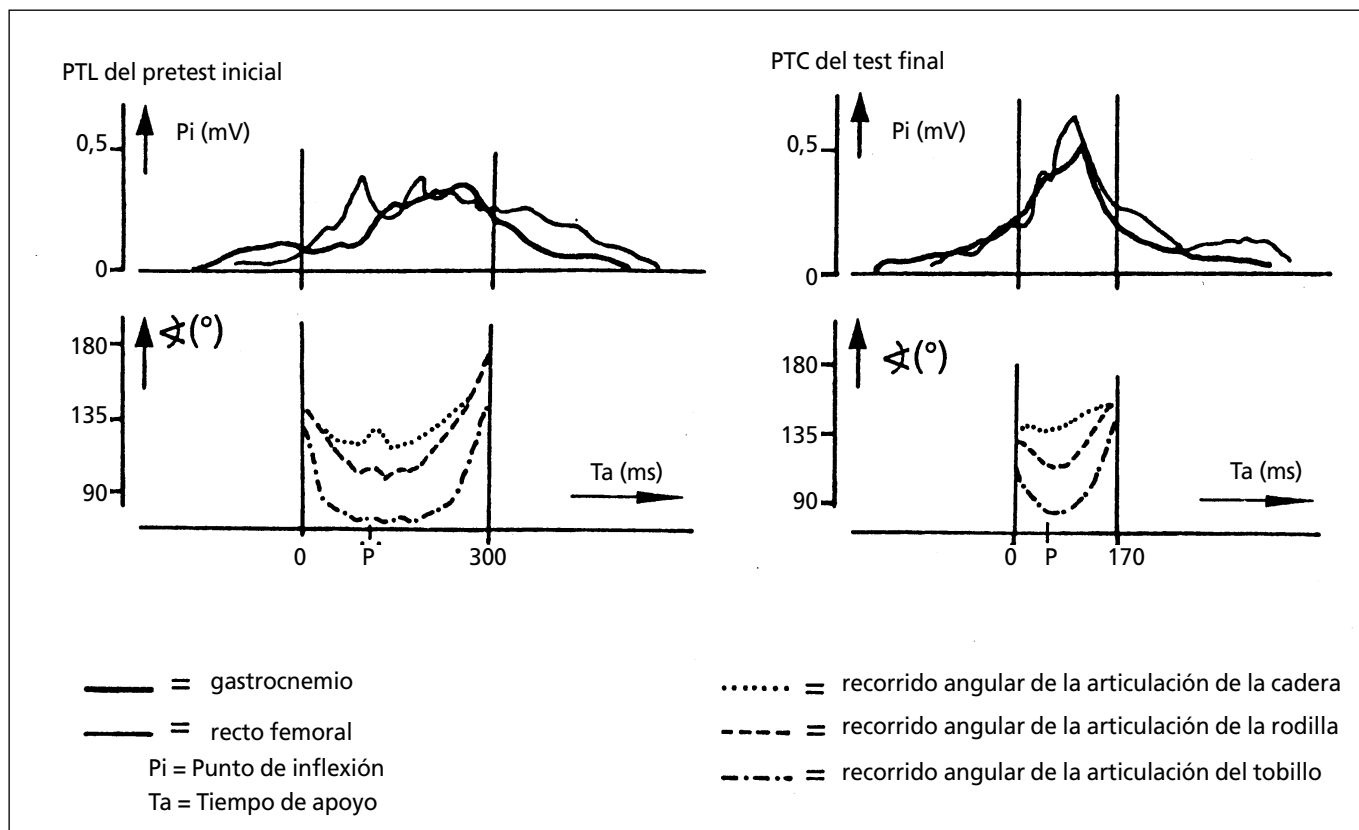


Figura 292. Cambios producidos por entrenamiento en las características de actividad (salto en profundidad hacia delante) de los músculos gastrocnemio y recto femoral, en una gimnasta que alternaba entre un programa temporal largo (PTL) y otro corto (PTC) (de Gundlach, citado en Bauersfeld/Voss, 1992/51).

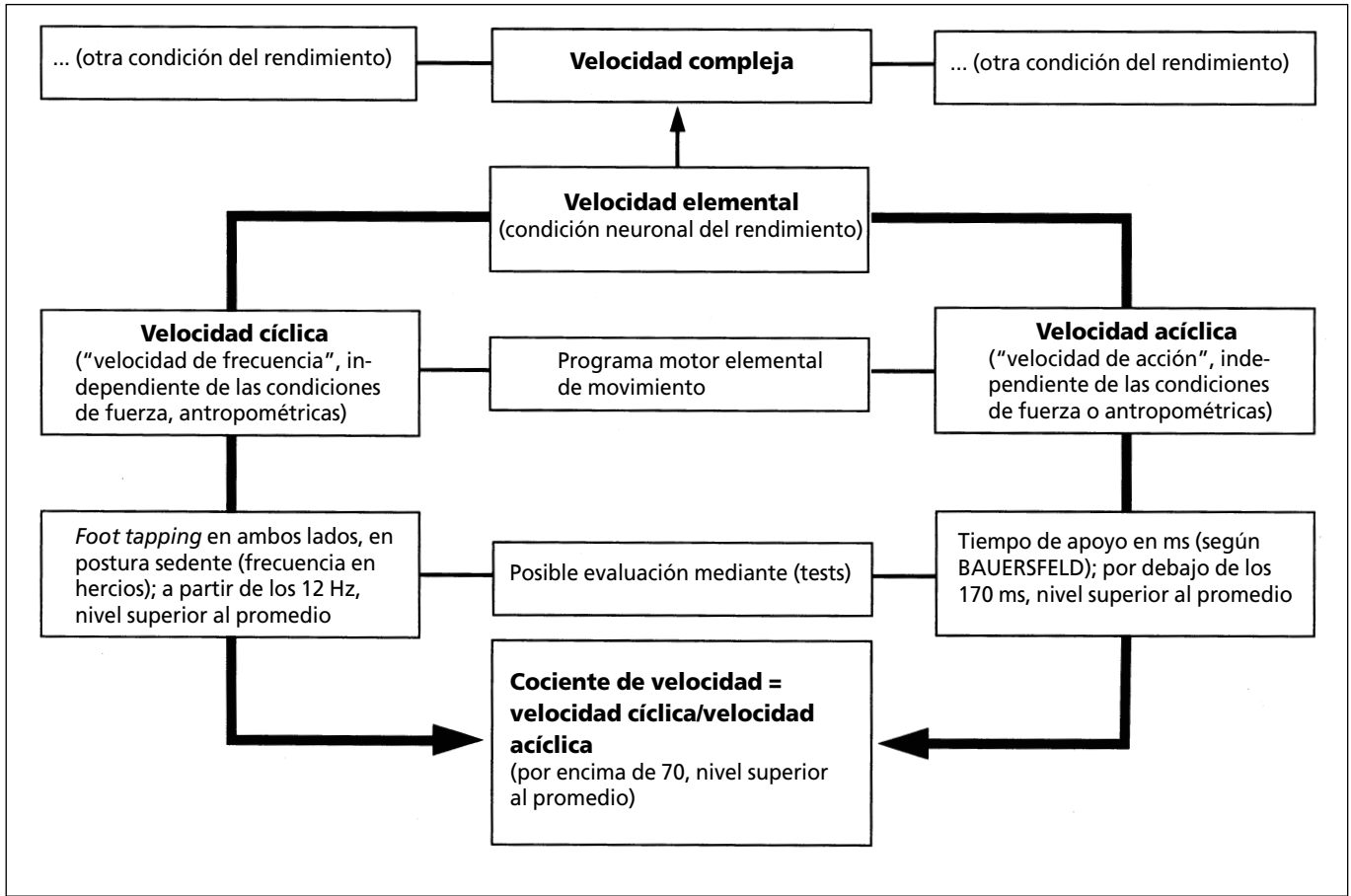


Figura 293. El cociente de la velocidad (de Lehmann, 1993, 15).

La ventaja de este cociente de velocidad desarrollado por Lehmann consiste en la posibilidad de emitir un dictamen sobre la base “puramente” neuronal de la velocidad; puesto que la determinación de ambos factores es exclusivamente neuronal, ambos son independientes de las condiciones de fuerza y de constitución corporal y reflejan en un primer momento los programas motores almacenados en el sistema nervioso central (v. también pág. 217).

El cálculo del cociente de velocidad parece ser de extraordinaria importancia para la optimización del diagnóstico de aptitud y para la regulación del entrenamiento de los jóvenes sprinters.

Si en el planteamiento metodológico del entrenamiento (test de la capacidad, análisis del entrenamiento) utilizamos, además de la velocidad de carrera (magnitud principal, entendida como velocidad compleja), el cociente de velocidad que acabamos de describir, obtenemos, según Lehmann (1993, 13), un cuadro ligeramente distinto, más detallado en comparación con las interpretaciones efectuadas hasta el momento:

- “No existen diferencias en las condiciones elementales de velocidad entre el sexo masculino y el femenino; sin embargo, en la velocidad de carrera existen diferencias claras.
- En las edades entre 7 y 9 años, entre 12 y 14 años (chicas), y entre 13 y 15 años (chicos), se ha podido constatar un desarrollo sustancial del cociente de velocidad.
- En las edades entre 9 y 12/13 años apenas se ha podido observar un desarrollo de las condiciones elementales de la velocidad. Se ha demostrado que la (escasa) mejora de la velocidad de carrera se debe a la mejora de las condiciones de fuerza (con la consiguiente acentuación de los desequilibrios musculares).
- Las condiciones de la velocidad cíclica y de la velocidad acíclica son casi independientes unas de otras. En un 8 % aproximadamente de los sujetos del test se registraron condiciones de velocidad cíclica y, simultáneamente, de velocidad acíclica superiores al promedio (¿aspecto de la aptitud?).”

Como resumen podemos afirmar que: “La velocidad es una condición elemental del rendimiento. Depende sobre todo de la calidad de los procesos neuromusculares de regulación y conducción, que se reflejan en los llamados programas temporales específicos de los movimientos cíclicos y acíclicos. Las diferencias de calidad se reflejan en el programa temporal. La velocidad de transmisión neuronal, el tiempo del reflejo y la estructura de las fibras musculares exigen un determinado nivel de asentamiento” (Bauersfeld/Voss, 1992, 27).

La velocidad elemental, cíclica y acíclica, se refleja en la carrera de corta distancia en forma de una frecuencia de paso elevada y de una fase breve de apoyo sobre el suelo.

Admitimos además que ambas condiciones elementales de la velocidad necesitan métodos y contenidos de entrenamiento específicos (v. pág. 392).

Aquí hemos de tener en cuenta que, dado el “carácter básico acíclico” de la velocidad, el trabajo acíclico se debería ubicar siempre al inicio del programa de entrenamiento correspondiente, sin que se necesite una separación temporal con respecto al trabajo cíclico (cf. Fischer, 1990, 21; Bauersfeld/Voss, 1992, 60).

Otra pretensión posible es que “La interacción de programa temporal y otras condiciones del rendimiento en los ejercicios de competición sólo se puede asegurar mediante el propio ejercicio de competición en su intensidad máxima y en su velocidad pronosticada. En el entrenamiento juvenil esto suele exigir un cambio de las condiciones marco” (Bauersfeld/Voss, 1992, 72).

Deberíamos recordar en todo momento que ninguna combinación de ejercicios específicos y auxiliares puede preparar al deportista para las condiciones de la actividad de competición con la misma eficacia que el propio ejercicio (cf. Verjovanski, 1988, 19). Tampoco se debe sobreestimar un entrenamiento adecuado a la actividad de competición; hablamos del llamado entrenamiento modelado: puede simular de un modo sólo aproximado la carga psicofísica de la propia actividad de competición, pero nunca sustituirla con el mismo efecto.

Velocidad de transmisión nerviosa

Como muestran los estudios de Lehnert/Weber (1975, 10), existen diferencias comprobadas estadísticamente entre los deportistas de velocidad y de fuerza rápida y los deportistas de otras modalidades (v. fig. 294).

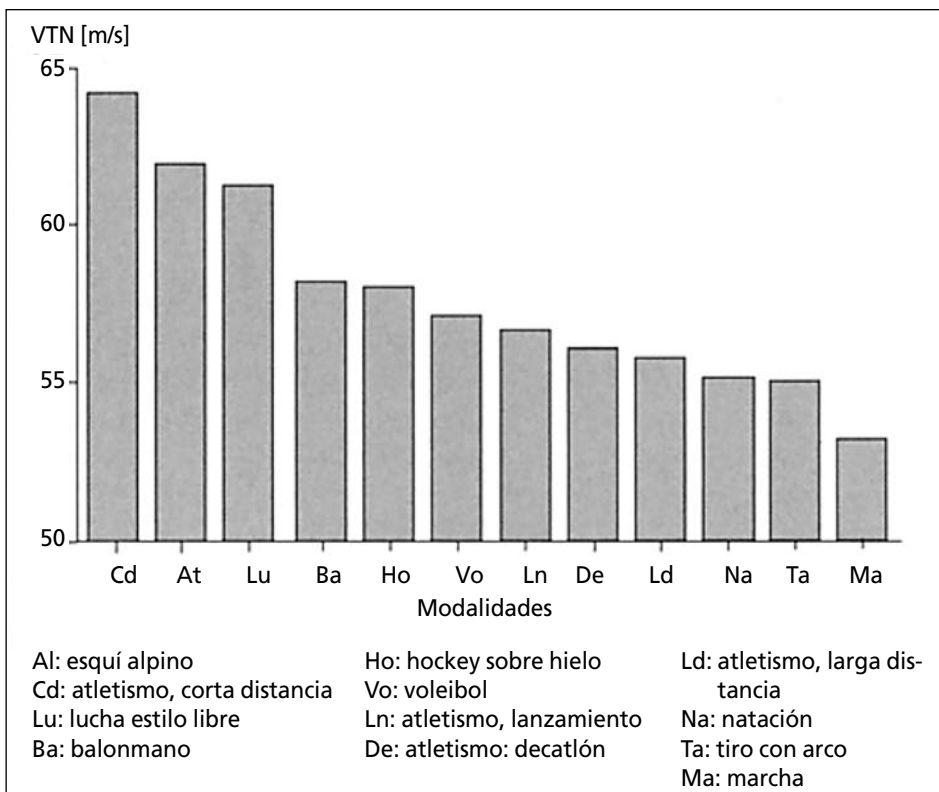


Figura 294. Velocidad de transmisión nerviosa media (del nervio cubital) en diferentes modalidades.

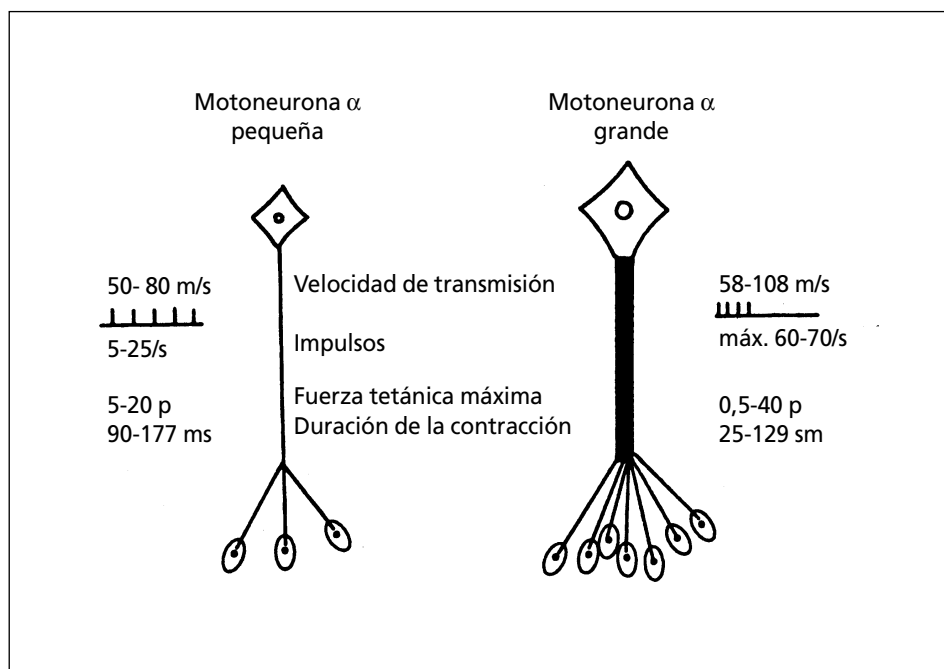


Figura 295. Diferencias en el comportamiento de las motoneuronas alfa grandes y pequeñas respecto a su velocidad de transmisión, tasa de excitación, fuerza tetánica máxima y duración de la contracción (de Stoboy, 1986, 28).

Podemos sintetizar diciendo que en ningún caso se ha constatado la coincidencia de un buen rendimiento de velocidad/fuerza rápida y una velocidad de transmisión nerviosa muy baja. La figura 295 muestra que la velocidad de transmisión nerviosa está estrechamente relacionada con el tamaño de las neuronas implicadas y con el grosor de las vainas de mielina (que aíslan las vías de transmisión nerviosa).

Elasticidad y capacidad de estiramiento y relajación de la musculatura

Si la elasticidad y la capacidad de estiramiento y relajación de los músculos son insuficientes, se produce una reducción de la amplitud del movimiento, así como una merma de la interacción coordinativa, pues los músculos que se contraen (agonistas) durante el movimiento tienen que superar una resistencia mayor de los antagonistas. Estas secuencias motoras inhibidas por el rozamiento interno no sólo exigen un gasto energético mayor y menos eficaz, sino que reducen en poco tiempo la velocidad de los movimientos. La importancia de un programa de estiramiento y relajación, adecuada a las exigencias de la modalidad, quedará clara en nuestra exposición de la página 576.

Estado de calentamiento de la musculatura

Una frecuencia de movimientos elevada y un desarrollo de la fuerza intenso requieren un estado de calentamiento óptimo. El calentamiento reduce el rozamiento interno (viscosidad) e incrementa la capacidad de estiramiento y la elasticidad, y por otra parte aumenta la velocidad de transmisión del sistema nervioso, mejorando así la capaci-

dad de reacción y los procesos de regulación; todas las reacciones bioquímicas transcurren de acuerdo con la regla RVT (regla de reacción-velocidad-temperatura), en un nivel óptimo de temperatura y hasta un 20 % más rápidas. De aquí se deduce la necesidad de un calentamiento suficiente para alcanzar la velocidad máxima individual (v. pág. 575; cf. también Badtke, 1989, 373).

Fatiga

Con la fatiga muscular se produce una pérdida más o menos pronunciada de las reservas energéticas y una creciente acidificación de la musculatura, comunicada en dirección central a la corteza cerebral a través de las vías de conducción sensoriales. Estos impulsos que discurren en dirección al cerebro provocan una inhibición de los centros responsables de la regulación motora; el efecto es una reducción del número y la frecuencia de las descargas de las motoneuronas (cf. Reindell y cols., citado en Koitzsch, 1972, 629).

Una velocidad máxima no se puede conseguir en estado de fatiga, pues los procesos de regulación del sistema nervioso central (SNC) se encuentran restringidos y la capacidad de coordinación, necesaria para el desarrollo de la velocidad, sufre una pérdida en su rendimiento.

Para el entrenamiento de la velocidad *máxima*, esto significa que los ejercicios de velocidad en la sesión se deberán ubicar al principio, después del correspondiente trabajo de calentamiento y estiramiento.

Sin embargo los programas temporales en los que se basan las condiciones elementales de la velocidad presentan, de acuerdo con los estudios de Bauersfeld/Voss (1992, 35), una fatigabilidad escasa debido a su dependencia fundamentalmente neuronal. Incluso después de 300 saltos en profundidad no se observa que ningún deportista abandone su programa temporal individual (cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 35).

Magnitudes de flujo antropométricas

La variabilidad de la amplitud y la frecuencia de la zancada es tan grande que la influencia de la *estatura* o de las *condiciones de palanca* no se puede considerar decisiva sobre este parámetro. A modo de resumen enumeramos los resultados que obtienen Letzelter y cols. (1979, 299 s.):

- En términos absolutos, los hombres, por su mayor estatura, superan significativamente a las mujeres en cuanto a la amplitud de la zancada.
- En relación con la estatura, hombres y mujeres corren con zancadas de amplitud aproximadamente igual; esto vale para corredores y corredoras más rápidos y más lentos.
- Las mujeres consiguen promedios de frecuencia de zancada similares a los de los hombres.
- Basándonos en la comparación entre los mejores esprinters mundiales de ambos sexos, podemos afirmar que la frecuencia de zancada relativa es más importante para el rendimiento que la amplitud de zancada relativa. Así pues, el objetivo de entrenamiento primario será la frecuencia de zancada; no obstante, esto sólo está comprobado estadísticamente en los varones.

Sexo y edad

La velocidad básica de sujetos no entrenados de sexo femenino se sitúa como promedio en torno a un 10-15 % por debajo de la velocidad de sujetos del sexo masculino (Hollmann/Hettinger, 1980, 284).

La menor velocidad básica de la mujer se explica sobre todo por el menor nivel de fuerza, y no por parámetros coordinativos: la frecuencia de movimientos de la mujer, por ejemplo, en carrera de distancias cortas, no se diferencia de la del hombre (Letzelter y cols., 1979, 299; v. pág. 369).

La velocidad básica es el factor físico del rendimiento que primero y de forma más pronunciada experimenta un descenso con el paso de la edad. El hecho depende sobre todo de las pérdidas de fuerza y de capacidad de rendimiento coordinativo provocadas por la edad, que limitan sustancialmente la velocidad básica.

Influjos psíquicos

La capacidad de esprint está sometida, como ya hemos mencionado, a un influjo sustancial sobre la capacidad de coordinación, esto es, de los procesos neuromusculares de regulación. Si esta capacidad de coordinación está desarrollada de forma insuficiente, puede producirse, en determinadas condiciones, un trastorno de la regulación nerviosa central. En este contexto se puede entender que un esprinter más débil, en el momento en que le adelantan, no sólo se quede atrás, sino que pierda velocidad. Su capacidad de coordinación se derrumba en el momento de la mayor exigencia. Aparece una disociación de los movimientos del esprinter (cf. Koitzsch, 1972, 628). Ter-Ovanesian (1971, 5, serie 2) explica este fenómeno, bien conocido en la práctica, señalando que el intento por influir voluntariamente en el control de movimientos realizados de forma automática conlleva necesariamente un empeoramiento de la coordinación. Se produce una *desautomatización*, tanto más rápida cuanto peor fijado (aprendido) se encuentra un movimiento.

Por otra parte, una tensión máxima de la voluntad –Grosser (1976, 28) habla también de “fuerza de empuje de la voluntad”– resulta decisiva para conseguir la máxima velocidad posible (cf. Harre, 1976, 164). No obstante, esta tensión de la voluntad no afecta la secuencia motora, sino la capacidad de movilización interna.

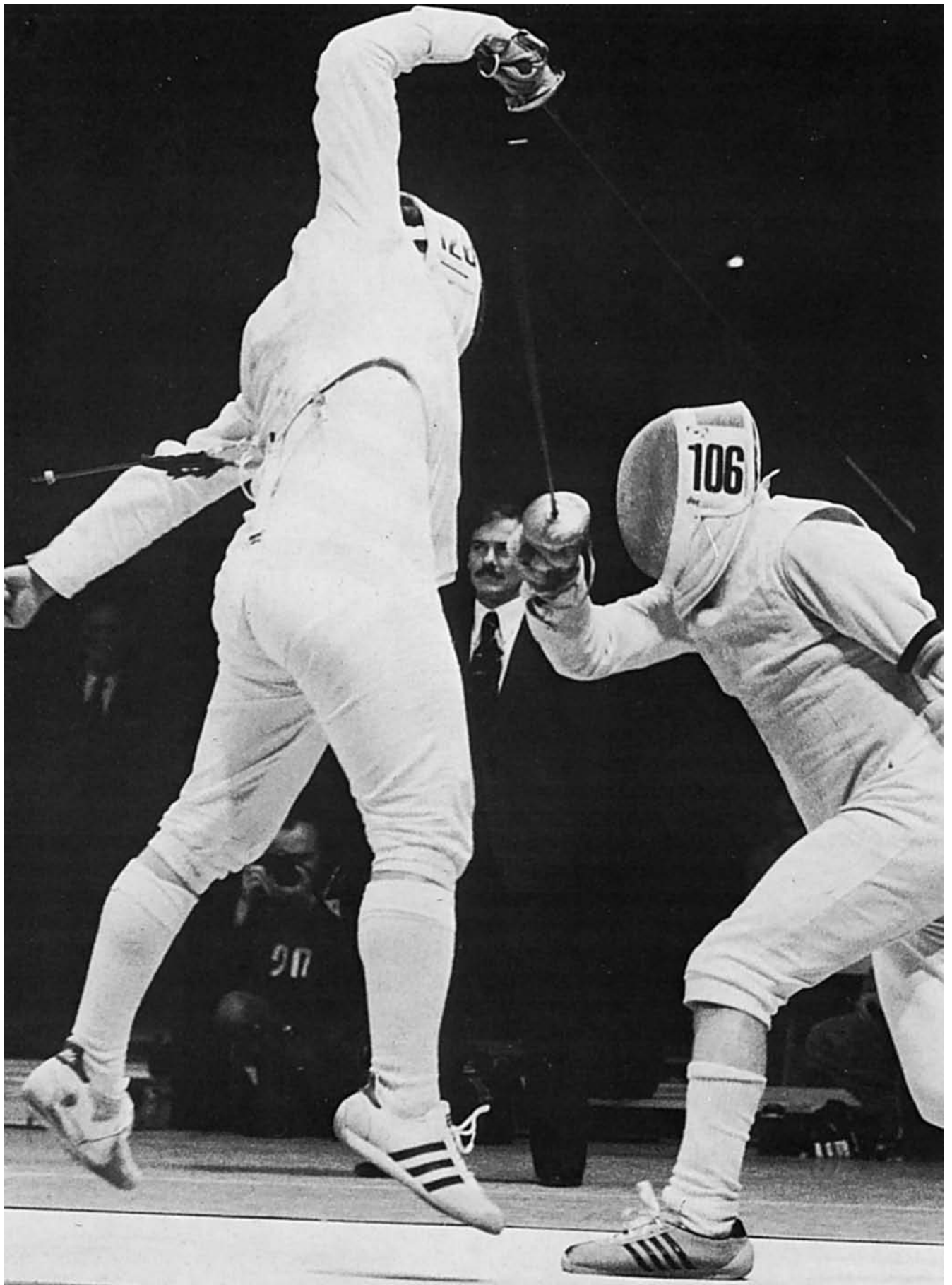
Factores determinantes para la velocidad

Para conseguir una velocidad de carrera elevada no bastan sólo unas buenas condiciones de velocidad; se necesitan también, entre otras, condiciones especiales de fuerza, psíquicas, técnicas y coordinativas (cf. Voss, 1993, 5).

Así pues, el trabajo del esprint no sólo incluye contenidos de entrenamiento con incremento de la velocidad, sino también contenidos para mejorar la fuerza, la técnica/economía de la carrera (p. ej., carreras contra resistencia de tracción, esprints submáximos, carreras con incremento de ritmo, carreras de aceleración cortas, etc.) y la fuerza de voluntad (cf. Voss, 1993, 5).

Como se puede ver en la figura 296, un rendimiento de esprint dado se basa en condiciones de rendimiento complejas y elementales. Entre las condiciones complejas figuran sobre todo la capacidad de aceleración, la velocidad de acción (velocidad de carrera máxima) y la resistencia de la velocidad. La velocidad de reacción sólo tiene un carácter complejo en las modalidades de juego; en las carreras atlé-





ticas de corta distancia existe como reacción “sencilla” y por ello la introducimos con reservas en el esquema de la figura 296.

En general se distinguen –sobre todo en referencia a la carrera de 100 m– cuatro factores principales de la velocidad, a saber, la velocidad de reacción, la capacidad de aceleración, la velocidad de desplazamiento y la resistencia de la velocidad. Para las modalidades de juego, las circunstancias son sustancialmente más complicadas, pues aquí se añaden componentes psíquico-cognitivos como la rapidez de percepción, de anticipación, de decisión y de actuación (v. fig. 276, pág. 357).

En los siguientes apartados nos ocuparemos sobre todo de la velocidad motora.

Velocidad de reacción

Por velocidad de reacción entendemos aquí únicamente la capacidad para reaccionar ante una señal en el tiempo

más breve posible. No nos referimos a la velocidad de reacción que postula Dick (1988,4), que engloba el tiempo de reacción y el tiempo de los 10 m, pues no se justifica desde los puntos de vista de la sistematización ni de la fisiología (cf. también Letzelter, 1989, 333).

El registro gráfico del recorrido de las fuerzas que aparecen desde el disparo de inicio hasta que se abandona el bloque de salida (Schauber/Singer, 1975, 433) muestra que se necesita un cierto tiempo para desarrollar la fuerza muscular después del disparo de salida. Este *tiempo de reacción* depende de una serie de regularidades de la fisiología de los sentidos que, con toda probabilidad, no permiten superar por abajo un determinado valor límite (en torno a 0,10 s).

El tiempo de reacción y el tiempo de latencia inmanente a éste se compone, según Zaciorski (1992, 52), de cinco elementos:

- Aparición de una excitación en el receptor (señal).

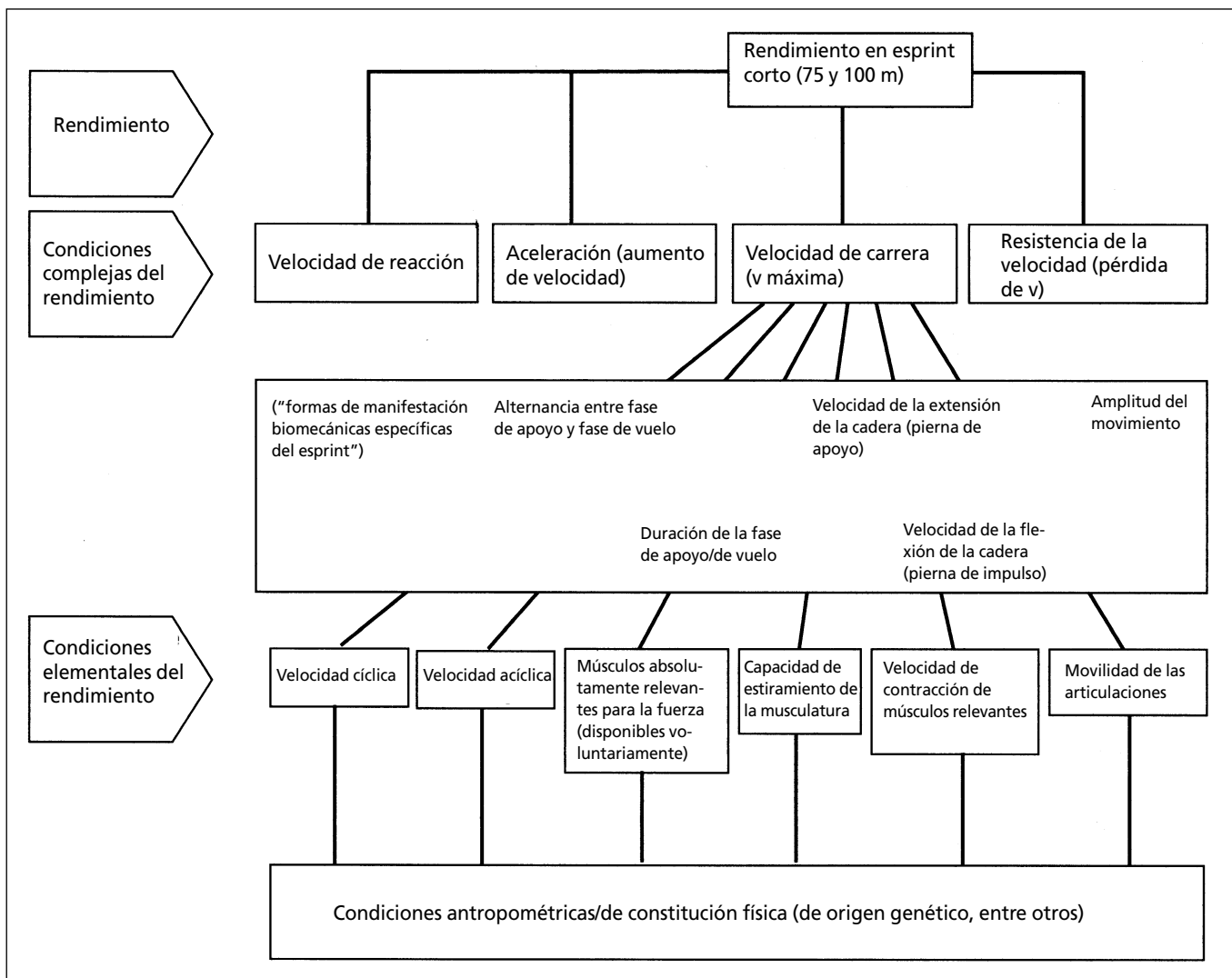


Figura 296. Estructura y clasificación de la velocidad de carrera en el esprint de corta distancia (modificado de Lehmann, 1993, 12).

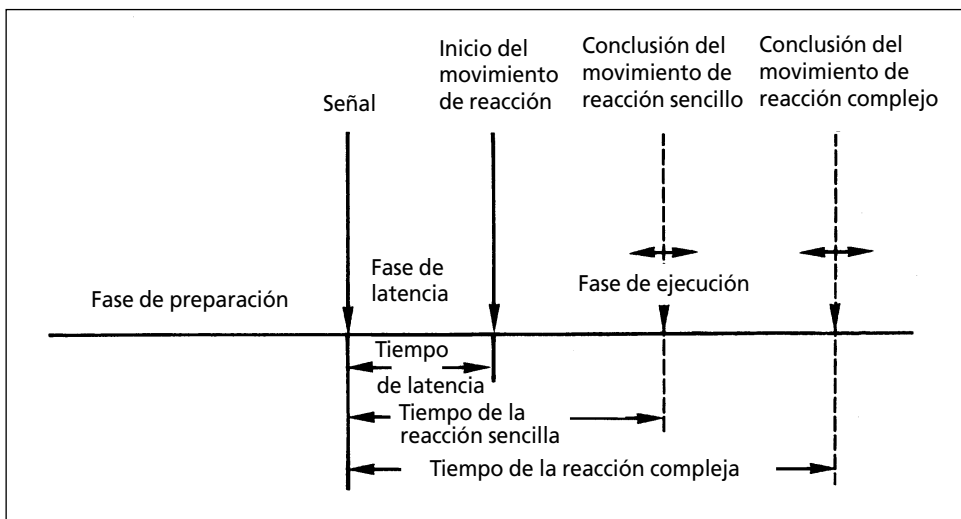


Figura 297. Estructura en fases de la reacción motora (de Vilknér, 1982, 198).

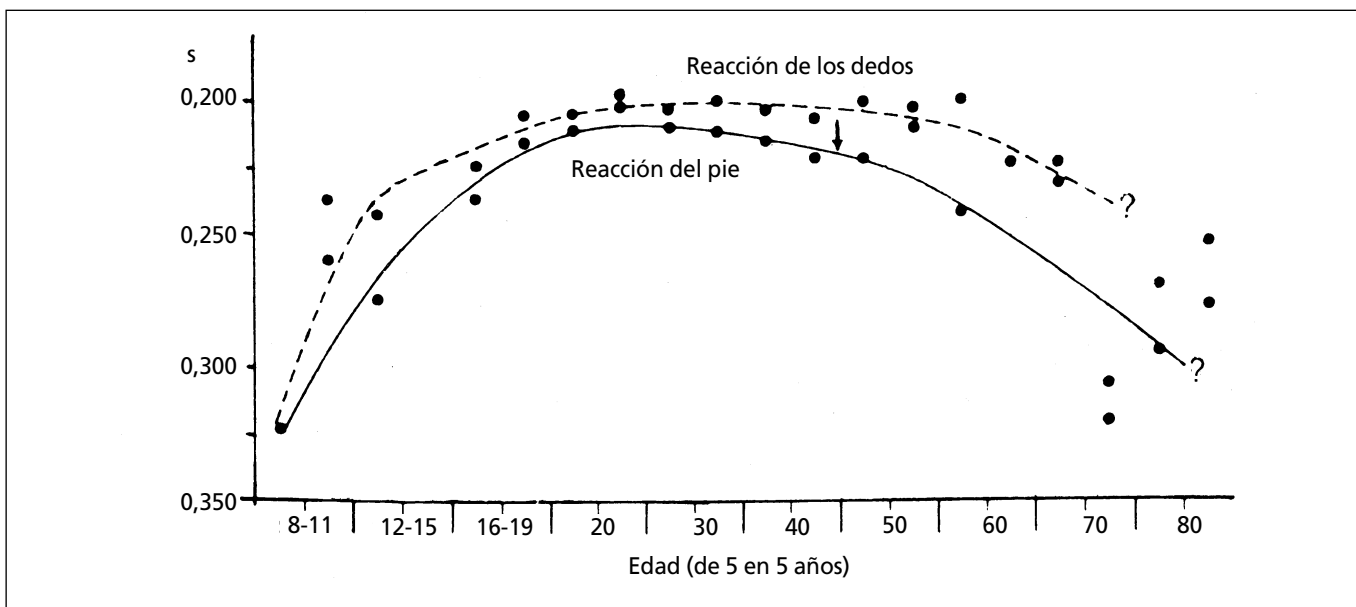


Figura 298. El comportamiento del tiempo de reacción en el transcurso de la vida, sobre el ejemplo del tiempo de reacción ante señales ópticas (de Miles/Cowdry, cit. en Hollmann/Hettinger, 1980, 275).

- Transmisión de la excitación hacia el SNC.
- Paso del estímulo a las redes nerviosas y formación de la señal eferente (ésta es la etapa que requiere más tiempo, sobre todo en reacciones complejas).
- Entrada de la señal del SNC en el músculo.
- Estimulación del músculo provocando una actividad mecánica.

La figura 297 nos ofrece una visión de conjunto de la estructura en fases de la reacción motora.

El tiempo de reacción más rápido hasta la fecha lo consiguió Ben Johnson con 0,109 s, coincidiendo con su récord mundial, anulado, de 1987 en Roma (9,83 s; cf. IAF 1987, 9).

Como muestra la figura 298, el tiempo de reacción varía a lo largo de la vida.

El tiempo de reacción varía también en función de que el estímulo sea de naturaleza óptica (que afecte el sentido de la vista), acústico o táctil. Así, la reacción ante una señal óptica dura más tiempo que ante una señal acústica. En sujetos no entrenados, este tiempo ante estímulos acústicos se sitúa como promedio en 0,25 s, en deportistas en 0,15-0,20 s, y en casos excepcionales hasta 0,10-0,12 s (cf. Zaciorski, 1977, 55). Los valores de reacción ante estímulos acústicos se sitúan como promedio entre 0,13 y 0,16 s en hombres, y entre 0,14 y 0,17 s, en mujeres (cf. Oberste/Bradtko, 1974, 424).

Las reacciones acústicas y ópticas (visuales) se diferencian entre sí porque la transformación de energía luminosa en impulsos neuronales que la retina del ojo puede transmitir hacia el cerebro dura, como mínimo, 30 ms más que la transformación de energía acústica en impulsos neuronales suministrados al sistema auditivo (sentido del oído) (cf. Pöppel/Pöppel, 1985, 51).

La figura 299 muestra el desarrollo de las reacciones sencillas ante diferentes señales en niños y jóvenes.

Distinguimos entre reacciones sencillas, complejas y electivas.

Por movimientos de reacción *sencillos* entendemos los movimientos muy pequeños de una parte del cuerpo, por ejemplo, pulsación de tecla de un dedo o del pie.

Por movimientos de reacción *complejos* entendemos movimientos de una parte o de todo el cuerpo; nos referimos, por ejemplo, a carreras en esprint de hasta 5 m, movimientos cortos de salida desde diferentes posiciones de partida y movimientos de arranque combinados con exigencias coordinativas de ejecución muy rápida (cf. Vilchner, 1982, 198/199).

Las reacciones *sencillos* están determinadas sobre todo por procesos genéticos, y las reacciones complejas y electivas, por factores de influencia social, como, por ejemplo, el entrenamiento.

Las *reacciones complejas* –típicas de las modalidades de juego– se caracterizan por la velocidad en la recepción de la señal, por la velocidad de transmisión del estímulo y por las elevadas exigencias planteadas a la programación y a los sistemas musculares participantes. El tiempo de reacción es más mejorable en las reacciones electivas que en las reacciones sencillas. La explicación radica en el hecho de que ante estímulos sencillos podemos reaccionar de forma programada con antelación, mientras que con reacciones electivas la respuesta sólo es programable una vez que se ha iniciado el intervalo de reacción (cf. Oehsen, 1987, 72).

Como se puede ver en la figura 300, los principiantes necesitan en todos los niveles de complejidad tiempos de reacción mayores en comparación con los deportistas más cualificados. La causa tiene que ver con una mayor experiencia y, en consecuencia, con un mayor desarrollo de la capacidad de anticipación.

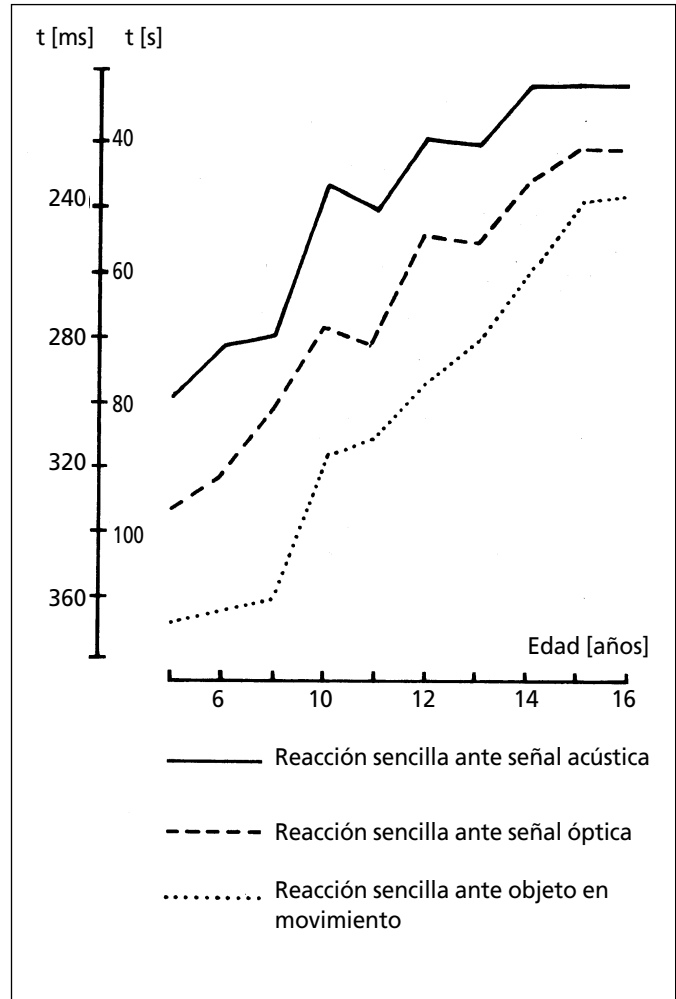


Figura 299. Desarrollo de las reacciones sencillas ante señales acústicas y ópticas en chicas de entre 7 y 16 años (de Vilchner, 1987, 38).

En las reacciones electivas hay que tener en cuenta además el proceso del reconocimiento de la especificidad de la señal y el proceso decisorio respecto de la idoneidad de la reacción (cf. Vilchner, 1987, 43).

Las relaciones entre reacciones sencillas y complejas son relativamente escasas, y disminuyen al aumentar el grado de complejidad.

La figura 301 muestra el diferente desarrollo de las reacciones sencillas y complejas en niños y jóvenes. Mientras que las reacciones sencillas de chicos y chicas entre los 7 y los 15 años de edad mejoran con relativa continuidad, la reacción compleja se desarrolla en fases características: a un desarrollo precipitado entre los 7 y los 10 años de edad sigue en los chicos una fase de mejora escasa del rendimiento, y una estagnación a partir del 14º año de vida. En las chicas, la estagnación tiene lugar ya a partir del 11º año de vida (cf. Vilchner, 1987, 40).

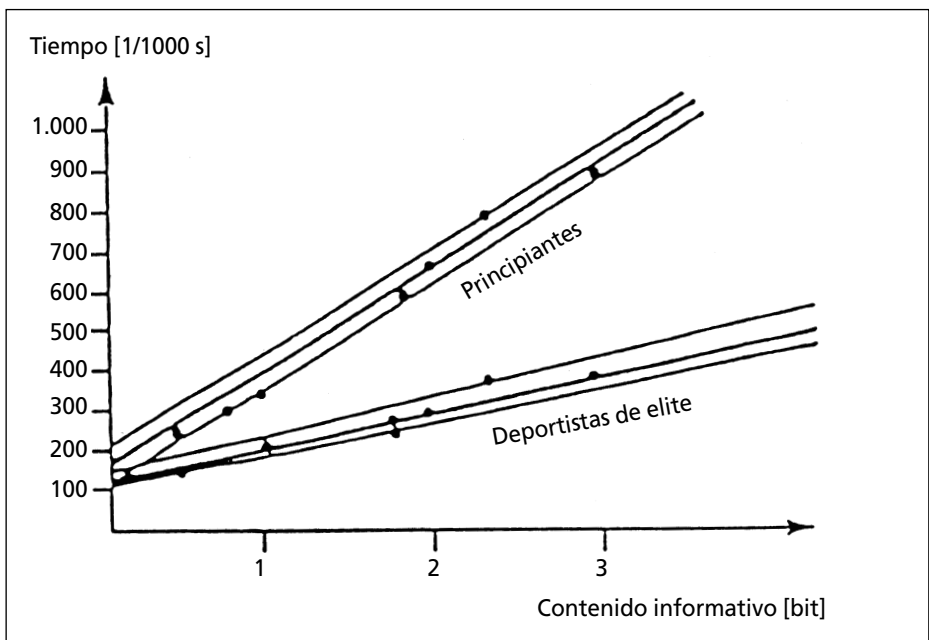


Figura 300. El tiempo de elaboración con diferentes informaciones complejas en deportistas de diferente cualificación (de Zaciorski, 1977, 57).

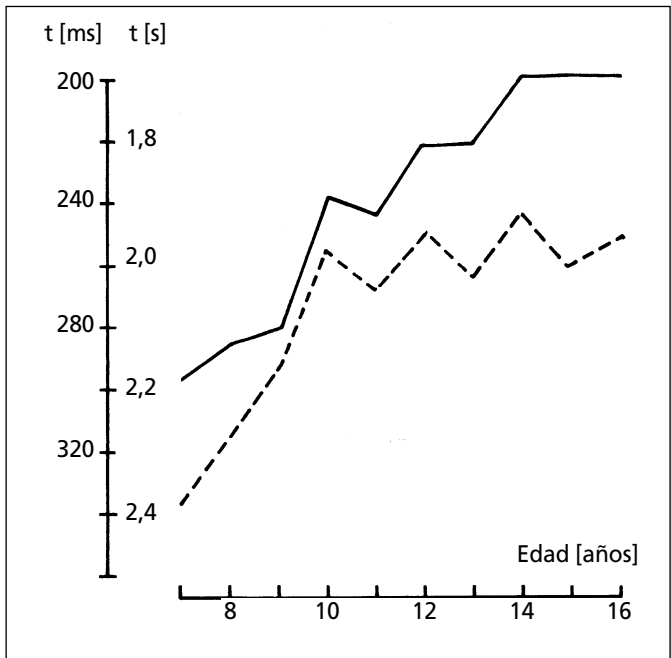


Figura 301. Desarrollo de la reacción sencilla y compleja entre los 7 y los 16 años de edad. Trazo continuo = reacción sencilla ante señal acústica; trazo discontinuo = reacción compleja ante señal acústica (de Vilknér, 1987, 40).

Importante:

Un deportista que reacciona rápidamente ante una señal acústica puede rendir desproporcionadamente mal ante un estímulo óptico, y viceversa (cf. Freitag/Steinbach/Tholl, 1969, 164).

Las reacciones de las extremidades inferiores son notablemente más lentas que las reacciones de la mano (cf. Kornexl, 1970, 224).

No existe relación entre la velocidad de reacción y el rendimiento en el esprint. Así pues, un deportista rápido puede tener un tiempo de reacción prolongado, y un deportista lento, un tiempo breve (cf. Joch/Hasnberg, 1990, 39).

Hemos de destacar además que el tiempo de reacción se prolonga con cargas corporales de nivel creciente, y que con la mejora del estado de entrenamiento en resistencia se tiende a un tiempo de reacción más corto en un nivel de carga dado (cf. Szmodis, 1977, 39, v. fig. 302).

En este contexto, la frecuente aparición de lesiones deportivas en la fase final de los grandes partidos se explica, entre otras razones, por la pérdida de capacidad de reacción al aumentar la fatiga.

Como muestran los estudios de Bula/Chmura (1984, 52), el tiempo de reacción mejora una vez transcurridos, más o menos, 11 o 12 minutos después de una fase de carga. Este fenómeno debería tenerse en cuenta en el calentamiento previo a la competición o al partido de competición. Los jugadores deberían llegar al terreno de juego completamente despiertos, pues a veces se pierden las mejores oportunidades de gol de los minutos iniciales sólo por no haber estimulado la capacidad de reacción hasta el nivel necesario.

La capacidad de reacción depende en gran medida de la motivación, esto es, el estado de vigilia, y de la concentración a ella asociada (cf. Vilknér, 1982, 197). La importancia de la capacidad de concentración para la capacidad de reacción se deduce claramente de los estudios de Müller/Hoffmann (1987, 34/35): al comparar diferentes valores de entrenamiento –los primeros diez valores con los últimos diez de una sesión de entrenamiento– se pudo observar una significativa prolongación del tiempo de reacción al disminuir la concentración. Asimismo, Pöppel/Pöppel (1985, 54) han podido mostrar que las pérdidas de concentración son causa inmediata de tiempos de reacción más largos.

Con un entrenamiento específico se puede mejorar en 4 semanas, de forma mensurable, tanto el tiempo de reacción como la capacidad de concentración: para ello interesa especialmente un entrenamiento intensivo, que exija hasta el último momento la máxima concentración (cf. Pöppel/Pöppel, 1985, 54).

Vemos, pues, que las mejoras relevantes para el juego son fruto aquí también más de la calidad (intensidad máxima) que de la cantidad del entrenamiento.

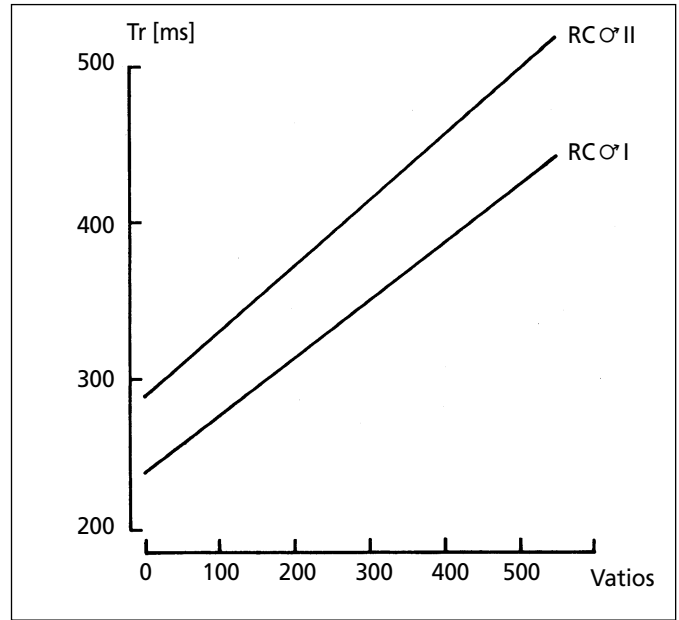


Figura 302. Comportamiento del tiempo de reacción (Tr) durante una carga continua en aumento progresivo.
 RC I = ciclistas de fondo en carretera, equipo nacional.
 RC II = ciclistas de fondo en carretera, equipo junior (modificado de Szmodis, 1977).

Forma de reacción		Test nº			Mejora [%]
		I	II	III	
Acústica, de motricidad fina (A)	Total	158,40	149,53	141,41	10,61
	Adultos	153,64	146,16	137,79	10,19
	Jóvenes	167,49	155,95	148,32	11,41
	Fuertes	150,83	142,39	136,58	9,24
	Más débiles	163,56	154,41	144,71	11,54
Óptica, de motricidad fina (O)	Total	189,51	179,87	171,31	9,56
	Adultos	185,55	175,52	167,25	9,82
	Jóvenes	197,07	188,18	179,15	9,06
	Fuertes	184,50	175,78	168,75	8,55
	Más débiles	192,94	182,68	173,12	10,26
Sencilla, de motricidad gruesa (S)	Total	346,21	335,97	314,64	8,77
	Adultos	338,08	331,09	308,85	8,56
	Jóvenes	362,03	345,27	325,72	9,16
	Fuertes	340,80	328,54	310,85	8,64
	Más débiles	350,09	341,05	317,24	8,66
Reacción electiva, de motricidad gruesa (E)	Total	418,76	402,79	381,82	9,65
	Adultos	407,20	388,80	369,96	8,96
	Jóvenes	451,65	429,52	404,51	10,97
	Fuertes	411,59	369,67	370,93	9,52
	Más débiles	429,93	413,14	389,29	9,75

Tabla 50a

Forma de reacción	Test nº			Mejora [%]
	I	II	III	
(O)	190,91	180,31	177,39	6,72
(A)	151,06	146,51	142,31	5,76
(S)	355,72	328,59	303,59	14,56
(E)	414,29	387,24	359,48	13,03

Tabla 50b. Tiempos de reacción e influencia sobre ellos en el transcurso de un entrenamiento de motricidad fina (a) y de motricidad gruesa (b). I = test inicial; II = test intermedio; III = test final después de tres sesiones de entrenamiento (de Müller/Hoffmann 1987, 32 y 34)

Importante. Debido a la elevada concentración y a la elevada carga cerebral a ella asociada, un entrenamiento intensivo origina a corto plazo un descenso del rendimiento, pero a largo plazo permite una mejora del tiempo de reacción y de la concentración.

Para el trabajo de la reacción es importante entrenar de la forma exigida las diferentes modalidades. La elección de las señales que provocan la reacción tiene que orientarse en función del tipo de información característico de la modalidad y utilizado en competición (cf. Bauer, 1990, 70). En las modalidades de juego, el papel principal lo desempeña la reacción óptica: a menudo se provocan reacciones mediante estímulos ópticos, originados en el comportamiento de los compañeros y los rivales (p. ej., pase y arranque del compañero como invitación a la pared, enga-

ño del rival en un regate, etc.) (cf. Gerisch/Strauss, 1977, 54). En segundo plano se encuentran la reacción acústica y la táctil. En atletismo predomina la reacción acústica (disparo de salida).

En la carrera de esprint, con la actual medición del tiempo en centésimas de segundo, el tiempo de reacción suele ser decisivo para la victoria o la derrota. Ciertamente, entrenando la salida no se reduce el tiempo de reacción por debajo del valor mínimo innato del individuo, pero se mejoran las probabilidades de alcanzar el valor óptimo (Oberste/Bradtke, 1974, 430). Como muestran los estudios sobre tiempos de reacción en competiciones internacionales, los mejores corredores presentan una mayor *estabilidad* del tiempo de reacción que los corredores menos buenos (cf. Dostál, 1981, 329).

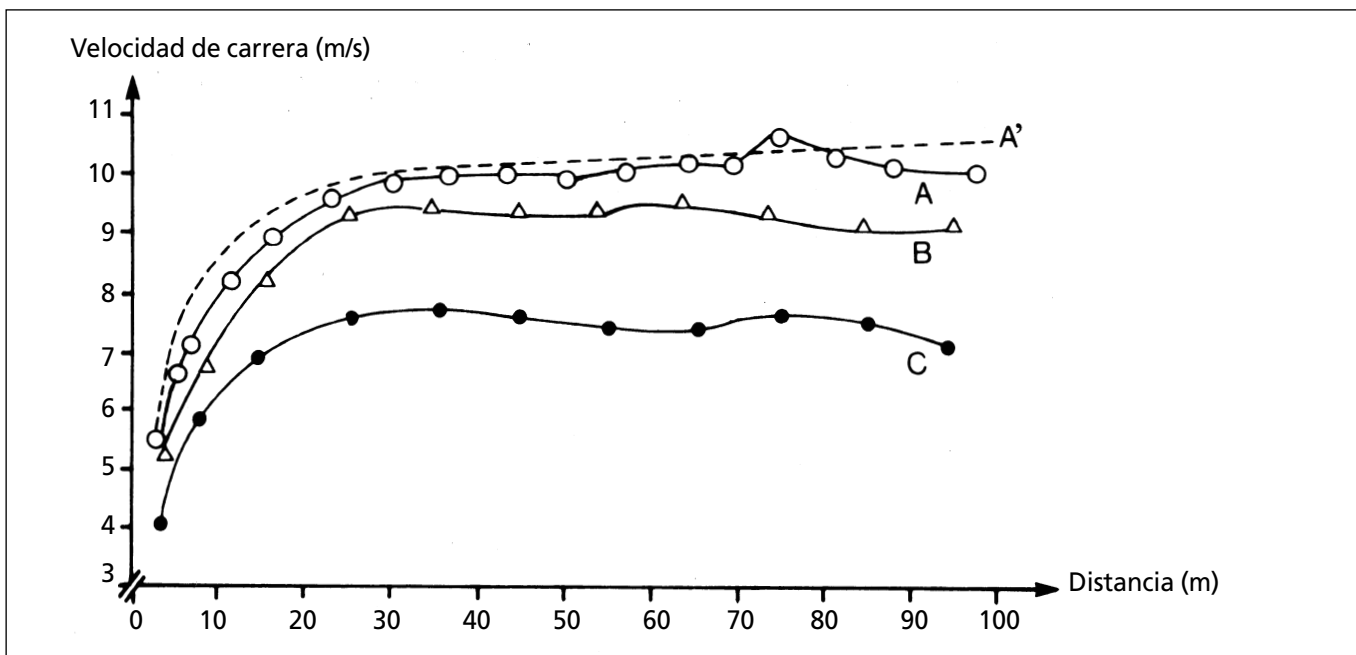


Figura 303. Curva de velocidad en la carrera de 100 m en un esprinter de elite (A), uno de segunda categoría (B) y un estudiante de educación física (C), junto con una curva ideal (A') (de Ikai, 1967, 232).

Como muestran la figura 299 y la tabla 50, se pueden entrenar todos los componentes de la velocidad de reacción y en todas las edades. Con el paso de la edad (hasta la edad de máximo rendimiento, entre los 20 y los 30 años) y con la mejora del comportamiento reactivo, se reduce el tiempo de reacción.

Capacidad de aceleración

Sinónimos: velocidad de arranque, fuerza de esprint, aceleración del esprint (cf. Kuhn/Droste/Steinhöfer, 1985, 4).

Los mejores rendimientos en los 100 metros están asociados a un nivel muy alto de la capacidad de aceleración (cf. Hess, 1991, 15; Joch, 1989, 338).

La *capacidad de aceleración* es la capacidad más importante del esprinter: los esprinters más rápidos tienen también un tiempo de salida mejor.

Las diferencias en la velocidad de esprint se explican en un 85 %, según Ballreich (1969, 145), por el diferente nivel de aceleración (fig. 303).

Aquí hemos de tener en cuenta que la capacidad de aceleración depende en gran medida del programa temporal acíclico (v. pág. 368) y del nivel de fuerza del deportista. Es relativamente independiente y se debe distinguir claramente de la velocidad en el sentido de la coordinación rápida, que es sobre todo un rendimiento coordinativo.

El grado de interdependencia entre la *capacidad de aceleración* y la *fuerza de las piernas* se puede deducir de los elevados coeficientes de correlación entre los saltos horizontales y los verticales (0,64 y 0,50): los grupos con un rendimiento de esprint significativamente mejor disponen de mejor fuerza de salto horizontal y vertical (v. también fig. 328).

Desde el punto de vista bioquímico, se trata aquí de rendimientos metabólicos anaeróbicos alácticos, producidos por los fosfatos ricos en energía (ATP, CP).

Para optimizar la capacidad de aceleración se necesita una técnica limpia de salida y de aceleración. Sus fundamentos tienen que establecerse ya en el entrenamiento de base y de profundización. En cualquier caso, conviene evitar la automatización de programas motores negativos, pues en un momento posterior, en el ámbito del alto rendimiento, resultan casi imposibles de corregir (cf. Stein, 1993, 33).

Como indicador de la fase de aceleración podemos utilizar el aumento de la amplitud del paso. Ésta permanece constante una vez que se consigue la velocidad de carrera máxima (cf. tabla 51). Dependiendo de la cualificación, la

velocidad máxima en la carrera de 100 m se consigue después de una fase de aceleración de 30-60 m, y se mantiene casi constante hasta llegar a la meta (cf. *International Athletic Foundation*, 1990, 15).

Velocidad de acción

Sinónimos: velocidad de esprint, coordinación rápida, velocidad máxima de carrera.

Por razones ya mencionadas, se debería evitar el uso como sinónimos de “velocidad” y “velocidad máxima de carrera”, ampliamente extendido en el ámbito de la corta distancia (cf. Lehmann, 1992, 13).

Como hemos mencionado en varias ocasiones, las capacidades que tienen que ver con un incremento rápido de la velocidad (aceleración), esto es, con el desplazamiento hacia delante a mucha velocidad, son relativamente independientes entre sí. En algunas modalidades interesa sólo la aceleración de arranque (como, p. ej., en los juegos deportivos), y en otras, sólo la velocidad máxima durante el recorrido (como, p. ej., en salto de longitud o en triple salto). La capacidad de un deportista de efectuar movimientos con gran velocidad es bastante específica. Esta especificidad se manifiesta, según Zaciorski (1972, 51), sobre todo en la inexistencia de una correlación entre las velocidades en movimientos coordinados de diferente manera en una misma persona (carrera/natación). Por ello, la transferencia directa de los valores de velocidad sólo tiene lugar en movimientos de coordinación similar: una mejora del rendimiento en salto (v. pág. 361) desde la postura de pie incide, pues, sobre los valores obtenidos en la carrera de corta distancia, en el lanzamiento de peso y en otros ejercicios en los cuales la velocidad de la extensión de las piernas es importante; sin embargo, esto no se refleja en la velocidad al nadar, al boxear o similares. La velocidad de acción –que Grosser (1976, 38) denomina también “coordinación rápida”– depende sobre todo de las condiciones elementales y complejas de la velocidad; un programa temporal “corto” tiene una gran importancia en la velocidad cíclica y acíclica.

Resistencia de la velocidad

Por resistencia de la velocidad –denominada también *capacidad de aguante*– entendemos la capacidad de mantener la velocidad máxima de carrera durante el mayor tiempo posible.

La resistencia de la velocidad tiene una importancia decisiva sobre todo en la carrera de 200 y 400 m, pero también en el esprint corto.

No debemos confundir la resistencia de la velocidad con la *resistencia del esprint*, tan importante en las modalidades de juego (v. Weineck, 1992, 415).

Por resistencia del esprint se entiende la capacidad de efectuar un gran número de esprints máximos durante el transcurso del juego, sin que se produzca una pérdida notable de la velocidad de arranque.

Unos músculos fuertes y rápidos pueden tener, según Gundlach (1969, 225), una capacidad de resistencia buena o mala de forma simultánea. Esta capacidad es entrenable en mayor medida que, por ejemplo, el programa temporal elemental acíclico y cíclico.

Desde el punto de vista bioquímico, dicha capacidad se basa en una mayor acumulación de fosfatos ricos en energía (sobre todo en fosfato de creatina) y de glucógeno intramuscular, y también en un aumento de actividad—debido al entrenamiento—de las enzimas que los metabolizan (v. también pág. 364).

La mejora de la resistencia de la velocidad capacita al deportista para mantener la fase de coordinación rápida y la velocidad máxima durante más tiempo.

Como muestra el análisis de las curvas de velocidad (cf. tabla 51), los mejores corredores están capacitados para mantener su velocidad máxima casi sin pérdidas o con pérdidas de escasa cuantía, hasta la meta de los 100 m.

Métodos y contenidos para mejorar las características determinantes de la velocidad

Para elegir los ejercicios físicos y técnico-motores utilizados en el entrenamiento, interesa analizar y evaluar el grado en que una serie de componentes, decisivos para el rendimiento e independientes entre sí, influye sobre el rendimiento deportivo-motor complejo (Kuhlow, 1977, 405). El análisis funcional de los componentes de la velocidad decisivos para el rendimiento en los 100 m da como resultado, según Ballreich (1969, 145), que la velocidad de reacción y la resistencia de la velocidad no son relevantes para el rendimiento, pero que sí lo son, y en gran medida, la capacidad de aceleración y la velocidad máxima (velocidad de acción / coordinación rápida).

Ballreich (1969, 146) propone la siguiente escala de valoración dentro de un espectro de variación de, por ejemplo, 3 s:

- aceleración del esprint > 2,6
- velocidad del esprint > 2,6
- resistencia del esprint > 0,3
- velocidad de reacción > 0,1

En las distancias de esprint más prolongadas (200–400 m) aumenta de forma decisiva la importancia de la resistencia de la velocidad. En cambio, ésta carece de toda relevancia para las modalidades de juego (cf. Weineck, 1992, 4).

Dado que, según Ballreich (1969, 145), la velocidad de reacción, la aceleración del esprint y la resistencia del esprint, mejor dicho resistencia de la velocidad, no se influyen mutuamente, cada uno de estos componentes exige contenidos de entrenamiento específicos (cf. Zaciorski, 1972, 74).

Entrenamiento de la velocidad de reacción

En la escala de valoración general de las características determinantes de la velocidad, a la velocidad de reacción le corresponde una importancia muy relativa, y su entrenabilidad se mueve dentro de límites muy estrechos; no obstante, se debería entrenar de forma suficiente, en relación con el trabajo de aceleración. Como *contenidos de entrenamiento* sirven ejercicios de arranque y reacción desde las diferentes posiciones de partida, juegos menores, relevos con reacción rápida y salidas específicas de la competición.

Como muestran los estudios de Tabashnik (1976, 188), conviene utilizar no sólo el estímulo sonoro fuerte y acostumbrado (disparo de salida, grito, palmada)—ya que origina rápidamente una habituación, y por tanto una estagnación en la mejora de la reacción—, sino también otros estímulos diferentes (señales de entre 70 y 50 dB); de esta manera se mantiene el progreso de la velocidad de reacción.

Dado que la velocidad de reacción apenas se entrena en solitario, sino asociada a la capacidad de aceleración en contextos sencillos (atletismo) y complejos (modalidades de juego), no entraremos aquí en más detalles sobre los correspondientes métodos y contenidos (v. punto siguiente).

Entrenamiento de la aceleración de salida

La fuerza específica y sus subcategorías, la fuerza rápida específica, decisiva para el movimiento de carrera, determina, junto a la técnica de salida y de carrera, el grado de aceleración y la longitud del tramo de aceleración. Así pues, su entrenamiento reviste la máxima importancia.

Métodos y contenidos para mejorar la capacidad de aceleración

Requisito general de la configuración de la carga es la adaptación de la longitud del recorrido a las circunstancias

Parámetro	Nombre	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Intermedio entre 2 zancadas	Johnson Lewis	1,73	2,86	3,80	4,67	5,53	6,38	7,23	8,10	8,96	9,83
		1,74	2,96	3,91	4,78	5,64	6,50	7,36	8,22	9,07	9,93
Tiempos de los 10 m	Johnson Lewis	1,73	1,02	0,94	0,87	0,86	0,85	0,85	0,87	0,86	0,86
		1,74	1,02	0,95	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,85	0,86
Velocidad media en la etapa (m/s)	Johnson Lewis	5,78	9,80	10,64	11,49	11,63	11,76	11,76	11,49	11,63	11,63
		5,75	9,80	10,53	11,49	11,63	11,63	11,63	11,49	11,76	11,63
Número de zancadas (n)	Johnson Lewis	7,30	5,30	4,50	4,40	4,30	4,10	4,10	4,05	4,05	4,10
		6,95	4,80	4,35	4,20	4,10	3,90	3,90	3,90	3,90	3,95
Amplitud de zancada (m)	Johnson Lewis	1,37	1,89	2,10	2,27	2,32	2,44	2,44	2,47	2,47	2,44
		1,44	2,08	2,30	2,38	2,44	2,56	2,56	2,56	2,53	2,74
Frecuencia de zancada (m/s)	Johnson Lewis	4,22	5,19	4,77	5,05	5,00	4,82	4,82	4,65	4,70	4,71
		3,99	4,70	4,58	4,82	4,77	4,53	4,53	4,53	4,65	4,24
Duración de las fases de apoyo (ms)	Johnson Lewis	115	91	85	87	80	80	85	85	83	88
		134	100	87	85	83	82	85	82	83	88
Duración de las fases de vuelo (ms)	Johnson Lewis	86	99	111	113	122	127	122	122	128	138
		90	113	121	124	124	133	134	138	135	162
Índice de actividad (fase de apoyo/vuelo)	Johnson Lewis	1,34	0,92	0,76	0,77	0,65	0,63	0,70	0,70	0,65	0,64
		1,49	0,88	0,72	0,68	0,67	0,62	0,63	0,59	0,61	0,54

Tabla 51. Comparación de parámetros escogidos en etapas de 10 m de la carrera de 100 m disputada por Johnson y Lewis, con record del mundo en 9,83 s que posteriormente sería anulado por dopaje (de International Athletic Foundation, 1990, 22.)

de la temporada y a las circunstancias dependientes del rendimiento.

Para aumentar las exigencias de aceleración se ha de buscar una prolongación gradual de los recorridos a lo largo del año. Las longitudes del recorrido deben situarse entre 10 y 60 m, dependiendo del nivel de rendimiento. Un esprinter con un alto nivel de rendimiento tiene un tramo de aceleración proporcionalmente mayor. La longitud de estos tramos difiere considerablemente, incluso entre corredores de elite. Así, el mejor esprinter alemán actual, Blume, consigue su velocidad máxima en torno a los 50 m, Mitchell en los 70 m y Lewis en los 80 m, circunstancia que lógicamente condiciona la organización del entrenamiento de la aceleración (cf. Stein, 1993, 36).

Al inicio de un año de competición, Blume recorre distancias de 20-30 m, y al aproximarse el período de competición, éstas aumentan hasta los 50-60 m.

Configuración de las pausas

Interesa respetar los tiempos de pausa necesarios para la restitución de los fosfatos ricos en energía.

Para evitar cargas lácticas –que serían un objetivo no deseado en el entrenamiento de la aceleración–, la longitud de las pausas debería configurarse estableciendo un minuto de pausa como mínimo por cada 10 m de recorrido de aceleración efectuado. En rendimientos de aceleración máximos, el descanso debería ser incluso algo más largo (cf. Stein, 1993, 36).

Desde el punto de vista psíquico, el entrenamiento de las capacidades de reacción y de aceleración exige un grado máximo de atención, concentración, motivación y “fuerza de empuje de la voluntad”. Además, el entrenamiento sólo tiene sentido en un estado de recuperación, pues los rendimientos de aceleración máximos plantean exigencias máximas al sistema neuromuscular, y un entrenamiento en estado de fatiga conlleva el riesgo de consolidar un estereotipo motor de escaso valor cualitativo.

El método idóneo será, por tanto, el *método de repeticiones*, que se basa en el principio de la recuperación completa.

Como hemos descrito al tratar del entrenamiento de la fuerza (v. pág. 322), cualquier entrenamiento, incluido el de la velocidad, se puede subdividir en tres etapas básicas: el entrenamiento de base general, el de profundización y el especial. En consecuencia, los contenidos y métodos del entrenamiento de la aceleración se diferencian también en las distintas etapas (v. periodización, pág. 416).

En la lógica del grado de especificidad descendente, describiremos primero los contenidos específicos y selectivos multilaterales, y a continuación, los contenidos y métodos más generales del entrenamiento de fuerza específico que sirve de apoyo a la capacidad de aceleración.

Como contenidos específicos y selectivos multilaterales para la mejora de la capacidad de aceleración (cf. también tablas 54 y 55), disponemos de:

Todas las formas de ejercicios de arranque (trabajo especial de la fuerza, la técnica y la coordinación)

Importante. El uso estereotipado de ejercicios de aceleración siempre iguales puede consolidar de manera precoz modelos motores estables y programas temporales que en el futuro resultarán insatisfactorios (v. también pág. 217), por no permitir desde el punto de vista neuromuscular nuevos ascensos de la capacidad de aceleración. Hemos de procurar con todos nuestros medios que el programa de ejercicios resulte variado, en condiciones marco siempre diferentes (cf. también Lehmann, 1993, 4).

- Salidas desde diferentes situaciones y posiciones (de pie mirando en la dirección de carrera y de espaldas a ésta, en cuclillas, decúbito supino, prono o lateral, etc.).
- Salidas en condiciones normales, facilitadas (p. ej., cuesta abajo, con tracción de cuerda, etc.) o dificultadas (con tiro de trineo, paracaídas de velocidad [v. pág. 403] o contra resistencia del compañero).
- Salidas asociadas a condiciones de partida modificadas, como, por ejemplo, después de saltos descendentes (saltar al potro sobre el compañero, salto en profundidad desde el plinto, etc.), carrera hacia atrás o hacia un lado, después de una voltereta, etc.
- Salidas sobre diferentes suelos (hierba, arena, agua a la altura del tobillo, pista de tartán o de madera).
- Salidas asociadas a diferentes señales (acústicas, visuales, táctiles).
- Salidas con diferentes técnicas de carrera (normal, trote lateral, carrera hacia atrás, carrera alrededor de una pista estrecha y en curva, en ambas direcciones, etc.).
- Salidas con invitación del compañero (desde el trote, seguir al compañero que arranca; arranque cuando el compañero nos adelanta viniendo desde atrás, etc.).

Todos los arranques pueden practicarse libres o asociados a señales diferentes, como ejercicios complejos de reacción/aceleración.

Se pueden combinar diferentes tipos de salida en el sentido del “método de contraste” (v. pág. 244), reforzándolos así en sus efectos: por ejemplo, alternando salidas y arranques en condiciones normales, facilitadas y dificultadas.

La capacidad de aceleración, como ya hemos mencionado, depende en gran medida de características específicas de la fuerza rápida, como, por ejemplo, la fuerza de salto vertical y horizontal; por tanto, los saltos y las combinaciones de saltos y el entrenamiento selectivo de la fuerza rápida (v. pág. 217) desempeñan un papel importante en la mejora de la capacidad de aceleración.

Saltos

- Saltos cortos (con ambas piernas, con una pierna, únicos, triples y quintuples). Según Verjoyanski/Chernussov (1974, 1662), contribuyen en gran medida a mejorar la aceleración de arranque. Con ayuda del análisis de correlación se pudo constatar que la longitud de los pasos de carrera está asociada muy estrechamente con los rendimientos en el triple y décuple salto sin carrera. Los saltos cortos deberían preceder al entrenamiento del esprint propiamente dicho.
- Saltos largos (carrera de saltos, 30 m, 60 m, 100 m y más). Con la utilización simultánea de saltos cortos y largos se obtuvo un crecimiento casi igual de la aceleración de arranque, de la velocidad máxima de carrera y de la resistencia de la velocidad. Así pues, por su efecto sumativo esta combinación produce los mayores progresos en la carrera de 100 m (cf. también tablas 55 y 56).

Entrenamiento específico de la fuerza

Tanto en las distancias cortas del atletismo como en los juegos deportivos se ha impuesto en nuestros días un entrenamiento de la fuerza destinado a mejorar la capacidad de aceleración y otras características de la velocidad (cf. Allmann, 1983, 282 s.; Hawkins, 1984, 55; Levchenko, 1985, 124; König, 1987, 80; Joch, 1989, 338; López, 1991, 3668).

En sus tesis más importantes, Allmann resume la relación entre fuerza máxima y velocidad del esprint de la siguiente forma:

- El entrenamiento de la fuerza máxima con pesos elevados mejora la velocidad de movimientos.
- La transferencia positiva de un entrenamiento indirecto, acíclico, con aplicaciones dinámicas de fuerza máxima, es tanto mayor cuanto más rigurosamente se efectúa un entrenamiento de la fuerza rápida y de la velocidad orientado hacia el esprint y acompañado de trabajo de la fuerza.
- Con un alto grado de coordinación del movimiento de esprint, la mejora de la velocidad sólo se puede conseguir, probablemente, mediante un aumento del potencial

de fuerza máxima y, por tanto, mediante un entrenamiento efectuado según el método de la fuerza máxima.

- El entrenamiento de la fuerza máxima es una excelente posibilidad de romper barreras de rendimiento en el ámbito del esprint (v. pág. 531).
- El entrenamiento con contenidos de fuerza máxima y pesos elevados tiene que practicarse con rigor también, y más que nunca, en el período de competición (v. pág. 326).
- Unas cargas previas elevadas en la musculatura crean un ascenso transitorio de la disposición al rendimiento neuromuscular para las próximas actividades de fuerza rápida y de velocidad; dicho ascenso debería aprovecharse en el entrenamiento y la competición para mejorar el rendimiento.
- Por sí mismos, los llamados métodos de fuerza rápida sólo mejoran la fuerza rápida y la velocidad de forma limitada y unilateral (Allmann, 1983, 282).

En el entrenamiento de la fuerza, la mejora de la velocidad de movimientos pasa, según Zaciorski (1972, 63; cf. también Haskisson, 1993, 60), por dos tareas principales: por una parte, la mejora del nivel de fuerza rápida (de los grupos musculares participantes en el movimiento), y por otra, la consolidación de la capacidad para desarrollar fuerzas intensas con movimientos rápidos. La capacidad de desarrollo rápido de la fuerza exige sobre todo métodos del trabajo dinámico de la fuerza. Con este fin se debería utilizar ejercicios de fuerza rápida en toda la amplitud del movimiento, pues si ésta es restringida se pueden consolidar comportamientos coordinativos no deseados. No obstante, no aconsejamos el uso exclusivo del método del trabajo dinámico de la fuerza, pues con movimientos rápidos el efecto sobre el sistema neuromuscular es muy a corto plazo, lo que impide mejorar el nivel máximo de la fuerza (Zaciorski 1972, 64). Así pues, hemos de utilizar las formas de entrenamiento con aplicaciones de fuerza repetidas y máximas.

En el mismo sentido se pronuncian Bührle/Schmidbleicher (1981, 250 ss.) cuando atribuyen al entrenamiento de la fuerza máxima un lugar de preeminencia entre los métodos de entrenamiento orientados hacia la capacidad de fuerza rápida: un entrenamiento con aplicaciones de fuerza submáximas y máximas consigue una velocidad máxima en la aplicación de la fuerza máxima disponible. Por ello, la práctica del entrenamiento debe hacer más hincapié en el trabajo de la fuerza (cf. también Groh, citado en Knebel, 1972, 29).

Se ha de buscar un entrenamiento de la fuerza no sólo intenso, sino también suficientemente específico, orientado en función de las necesidades anatómo-funcionales de las secuencias motoras (v. Weineck, 1981, 160). Así, por

ejemplo, la posición de partida en el entrenamiento de fuerza debería permitir la obtención del máximo de fuerza en ángulos articulares correspondientes al movimiento real del esprint.

Aclaremos la cuestión sobre el ejemplo de la carrera de saltos en terreno llano o cuesta arriba (cf. Herter, 1973, 557). En la fase de aceleración encontramos en la articulación talocrural un ángulo de trabajo de 60° (ángulo entre el dorso del pie y la pantorrilla), y de 75° en la fase de velocidad máxima; este ángulo corresponde también a la posición de trabajo en el momento del máximo de fuerza durante la carrera de saltos; para que el ejercicio se haga más específico en relación con la fase de aceleración, se recomienda ahora reducir el ángulo articular mediante carreras cuesta arriba (inclinación apropiada: 10-15°), pasando de los 70-75° a la cifra que encontrábamos en la fase de arranque (60°).

De esta forma conseguimos la ejecución más próxima posible al ejercicio, en la cual las condiciones de estiramiento previo de los flexores de la articulación del pie se corresponden con las condiciones de competición.

El entrenamiento específico de la fuerza rápida, próximo al esprint, se compone de ejercicios de carrera en condiciones dificultadas, con y sin cargas suplementarias, y de ejercicios de salto de tipo cíclico y acíclico, con y sin carga (cf. White, 1982, 8; Kuhn/Droste/Steinhöfer, 1985, 45).

Hawkins (1984, 55) defiende no sólo un entrenamiento de la fuerza para el ámbito de las extremidades inferiores, sino también, en el sentido de un entrenamiento complementario, para la zona de hombros y brazos, pues de esta forma se puede influir positivamente sobre la coordinación de todo el cuerpo y sobre el equilibrio. Esta pretensión interesa sobre todo en el ámbito de la elite absoluta. Joch (1989, 340) pone de relieve la gran importancia del factor “fuerza” para la capacidad de aceleración, aunque sostiene que las cargas de entrenamiento no se pueden incrementar desde el punto de vista cuantitativo, y que el énfasis sobre la fuerza en el entrenamiento repercute negativamente sobre la resistencia de la velocidad.

Señalemos no obstante que el trabajo excesivo y unilateral de la llamada “musculatura de rendimiento” puede originar, también en la carrera de corta distancia, desequilibrios musculares y por tanto un aumento de la carga soportada por el aparato locomotor pasivo (cf. también Lehmann, 1991, 16, v. pág. 303).

Las figuras 304 y 305 y la tabla 52 nos ofrecen una visión global del influjo de diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza sobre la fuerza de salto vertical –en forma de salto con contramovimiento (v. pág. 249) y de *squat*

jump– y sobre la velocidad del esprint (v. también pág. 219).

La figura 306 muestra el grado de especificidad con el que se entrenó centrando el enfoque sobre la fuerza rápida y la velocidad.

Esta figura muestra asimismo que la fuerza máxima isométrica sólo aumenta cuando se trabaja con pesos pesados.

En este experimento, el grupo de entrenamiento de fuerza “tradicional” trabajó con aumento de la carga durante las 10 semanas que duró dicho experimento.

El grupo “pliométrico” entrenó con saltos en profundidad, comenzando con 20 cm y aumentando progresivamente hasta los 80 cm.

El grupo de “fuerza rápida máxima” efectuó los saltos en profundidad con cargas de peso, que maximizaban el impulso de fuerza mecánico. La carga se adaptaba en cada serie, pasando gradualmente del 30 % aproximadamente del máximo isométrico a la carga máxima.

El entrenamiento se efectuó según el *power system* pliométrico, con la ayuda de una máquina especial que sólo permitía saltos en horizontal, y con la ayuda de una barra pesada, fija sobre la espalda.

De acuerdo con los estudios de Wilson y cols. (1993, 1205), la mejor opción para influir sobre la fuerza dinámica parece ser un entrenamiento pliométrico de la fuerza con pesos adicionales, enfocado hacia la maximización del impulso de fuerza mecánico.

La pendiente y la altura de la curva de fuerza que aparece en la figura 307 son una confirmación convincente de esta tesis.

Para más detalles sobre el desarrollo de la fuerza de aceleración, véase la página 426.

Entrenamiento de la velocidad de acción

El entrenamiento de la velocidad de acción consiste básicamente en un entrenamiento de coordinación. Como ya hemos mencionado, el papel decisivo corresponde al desarrollo de las condiciones elementales de la velocidad (v. fig. 293, pág. 371), y sobre todo a la mejora de los programas temporales individuales cíclicos y acíclicos.

Dado que estos programas se consolidan ya en un momento temprano –después de la pubescencia apenas se puede influir sobre ellos (cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 84; Lehmann, 1993, 4)–, hemos de buscar un inicio suficientemente temprano y un procedimiento correcto en cuanto a métodos y contenidos utilizados.

El desarrollo de programas motores elementales, que permitan conseguir rendimientos de elite mundial en la edad de alto rendimiento, es una tarea esencial del entre-

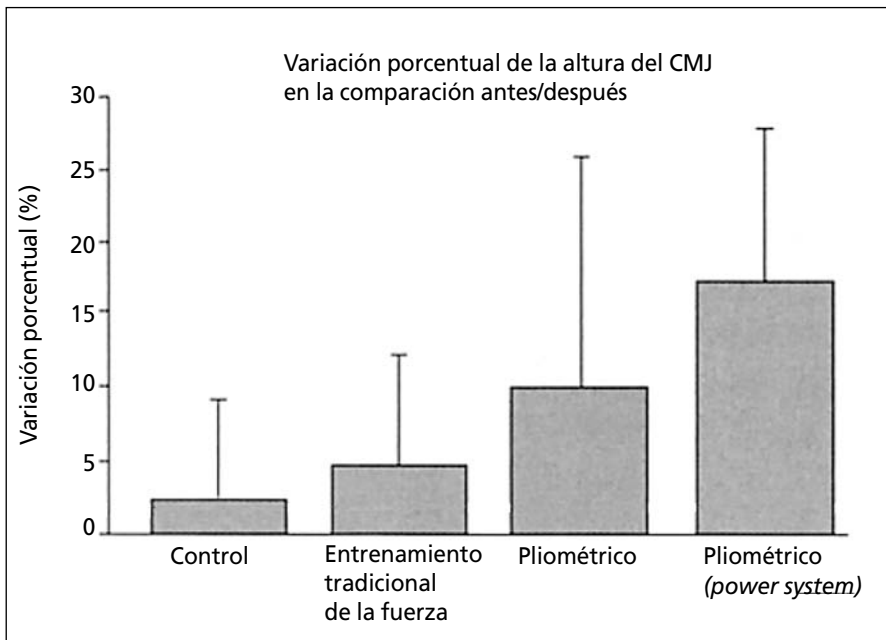


Figura 304. Variación porcentual del salto en contramovimiento (CMJ) después de un entrenamiento de la fuerza con diferentes métodos y con dos sesiones semanales durante 10 semanas. Cada grupo efectuó entre tres y seis series, de entre seis y diez repeticiones máximas (RM) cada una, con una pausa de 3 minutos entre las series (de Wilson y cols., 1993, 1282).

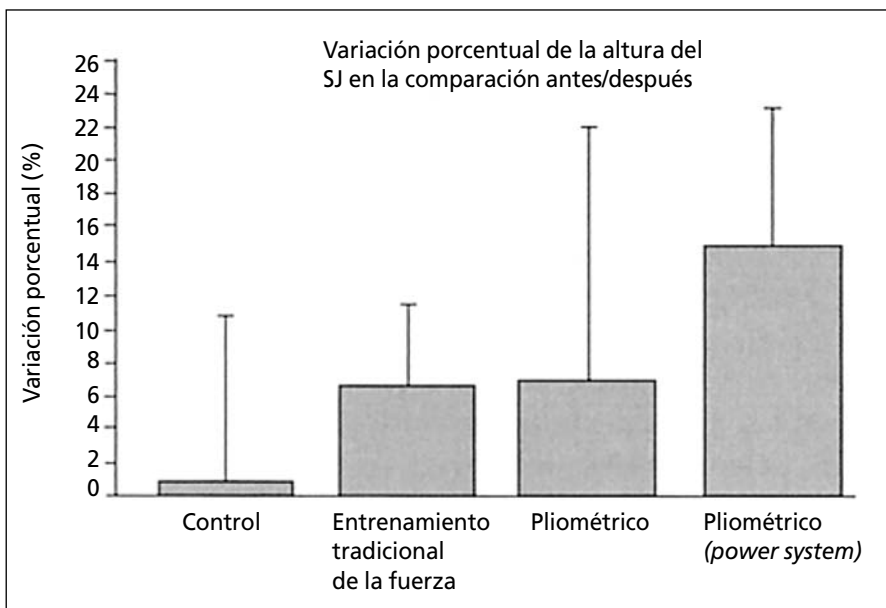


Figura 305. Variación porcentual del *squat jump* (SJ) después de 10 semanas de entrenamiento. Modalidades de ejecución como en la figura 304 (de Wilson y cols., 1993, 1282).

Grupos	Momentos de la prueba		
	Antes	Durante	Después
Tiempo de esprint de 30 m (s)			
Control	4,73±0,58	4,71±0,51	4,77±0,58
Entrenamiento tradicional de la fuerza	4,43±0,24	4,48±0,24	4,42±0,24
Pliométrico	4,61±0,40	4,63±0,33	4,60±0,38
Pliométrico (power system)	4,54±0,30**	4,49±0,30	4,49±0,28**

Tabla 52. Efectos de diferentes métodos de entrenamiento sobre los tiempos de esprint de 30 m (de Wilson y cols., 1993, 1283)

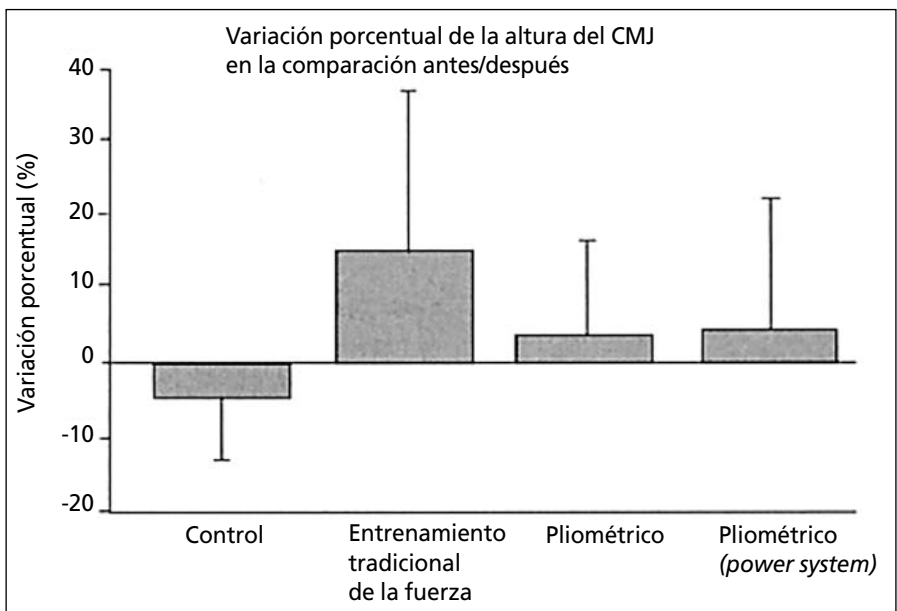


Figura 306. Efectos de diferentes métodos de entrenamiento sobre la fuerza máxima isométrica (de Wilson y cols., 1993, 1283).

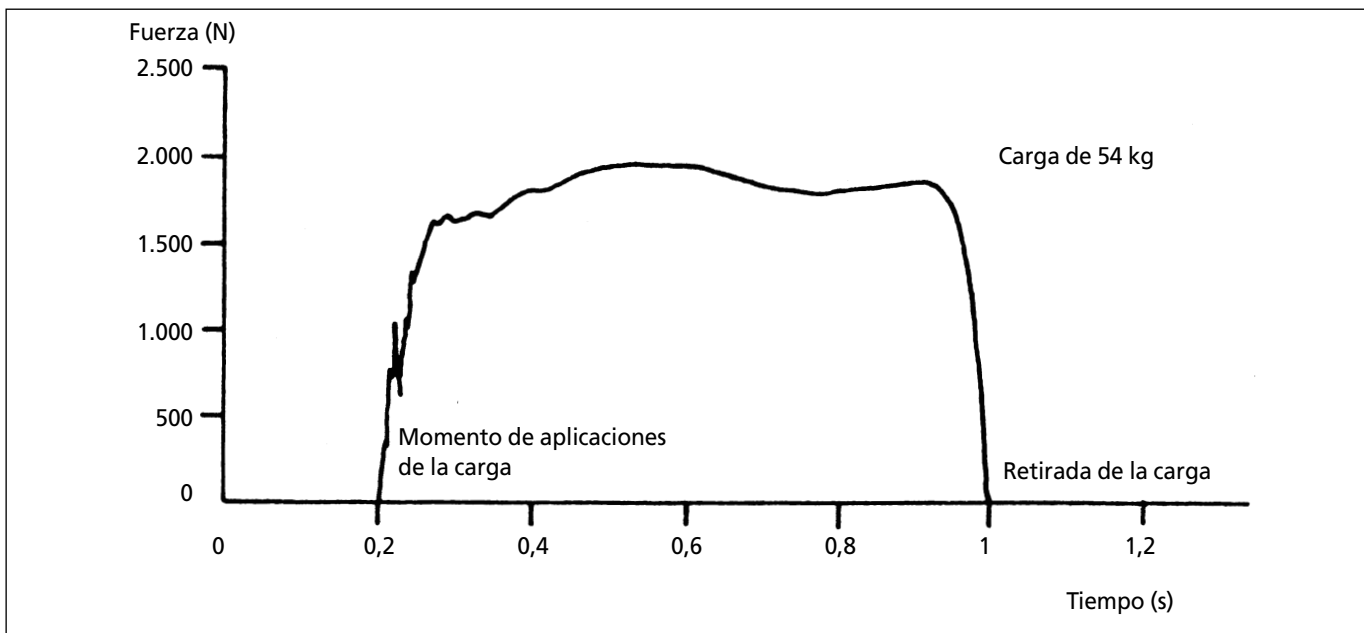


Figura 307. Curva de fuerza de un sujeto representativo en la realización de un *squat jump*, con una carga suplementaria que maximizaba el impulso de la fuerza (de Wilson y cols., 1993, 1285).

namiento juvenil (entre los 12 y 15 años de vida), pues en esta etapa se puede entrenar los mecanismos neuromusculares en condiciones especialmente favorables y se puede obtener ya los programas que se necesitarán más tarde (cf. Voss, 1991, 47).

El riesgo típico que existe en el desarrollo de la velocidad de acción (sinónimos: velocidad de esprint, coordinación rápida, velocidad de desplazamiento) es el desarrollo de una “barrera de la velocidad” (v. pág. 411), debido a contenidos de entrenamiento unilaterales, monótonos y estereotipados.

El programa temporal individual se consolida y se estabiliza en un momento muy temprano mediante una repetición constante de movimientos de similares características espacio-temporales (p. ej., carreras en todas las variantes), sobre todo en las llamadas fases sensibles o sensitivas (v. también pág. 419; cf. Lehmann, 1993, 4). Si dicha estabilización se produce en un nivel insuficiente para los objetivos posteriores, la velocidad de acción apenas se podrá incrementar después, porque el potencial bioenergético del músculo sólo actúa dentro de este programa (cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 41).

Consideramos, por tanto, que:

Las condiciones elementales individuales de la velocidad, en el sentido de un programa temporal de velocidad cíclica y acíclica lo más corto posible, se tienen que desarrollar de forma óptima y en un momento temprano.

En este contexto, un trabajo multilateral pero selectivo de las condiciones elementales de la velocidad desempeña un papel decisivo.

Hay que tener en cuenta que:

El desarrollo de las condiciones elementales tiene que darse con anterioridad al de las condiciones complejas, tanto en el desarrollo del rendimiento a largo plazo como en el ciclo anual del entrenamiento. Además, el entrenamiento de la velocidad acíclica antecede al de la velocidad cíclica.

En el entrenamiento de la velocidad acíclica elemental se intenta, básicamente, crear unas condiciones que permitan alcanzar velocidades de movimiento más rápidas, relevantes para el futuro. En este contexto son típicos los ejercicios en condiciones facilitadas.

El método de entrenamiento adecuado para el sprint en general y, concretamente, para el trabajo de la velocidad de acción, es el *método de repeticiones*.

Con este método la siguiente carrera, salida o similar, sólo se efectúa cuando estamos seguros de una regeneración óptima.

Para ello se requieren tiempos de recuperación diferentes, dependiendo de la longitud del recorrido y de las circunstancias individuales (capacidades de recuperación diferentes).

Como norma general, por cada 10 m de carrera se establece una pausa de recuperación de un minuto hasta la próxima carrera. De esta forma, una carrera de 30 m requeriría un descanso de 3 minutos.

Debemos asegurarnos de que la recuperación sea completa; por otra parte, la capacidad de excitación del SNC no debe disminuir por un descanso demasiado largo. Por ello se recomienda la realización de un “descanso activo” (marcha, ejercicios de relajación, etc.).

Consideramos además que si se corren sólo distancias muy cortas (20-30 m), esto es, si biomecánicamente traba-

jan sólo las reservas de ATP y de CP, basta con una pausa de 3 minutos para la restitución completa (Pansold, 1973, 110). No obstante, si las distancias son más largas, se requerirán descansos de entre 4 y 6 minutos. El contenido de ácido láctico en los músculos, que alcanza el valor máximo en torno a los 2 a 3 minutos después de la carga (v. Harre, 1976, 165, entre otros), tiene que descender a un nivel suficiente para no alterar las secuencias motoras de coordinación fina, y por tanto para no consolidar, en determinadas circunstancias, un estereotipo motor que no se corresponda con las posibilidades dadas.

Entrenamiento de la velocidad acíclica elemental

En el trabajo de la velocidad acíclica elemental disponemos de varias posibilidades, con la utilización de:

- Aparatos más ligeros y/o de menor tamaño (p. ej., aparatos de lanzamiento, balones, etc.),
- Aparatos adecuados a la edad (p. ej., raquetas de menor tamaño y más ligeras, con mayor superficie de golpeo en todos los juegos de devolución, aparatos de gimnasia de menor tamaño, etc.).
- Descarga del peso corporal en saltos (p. ej., arnés elástico para saltos en vertical, cable de tracción de goma [cuerda mágica] para saltos en horizontal, etc.).
- Ayudas para el salto (suelos, trampolines con efecto lanzador, etc.).
- Cambios en las condiciones de competición (p. ej., practicar el derribo de compañeros de categorías de peso inferiores en lucha; boxeo con guantes más ligeros, etc.) (cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 49).

Los *contenidos de entrenamiento* para mejorar el programa temporal de los extensores de la pierna podrían ser los siguientes:

- Saltos con rebote (saltos de la articulación del pie) sin moverse del sitio, en movimiento hacia delante, hacia atrás, hacia los lados; con ambas piernas (principiantes), con una pierna (avanzados), alternativamente o como saltos de cambio de paso; con ritmos (dados o improvisados) y alturas (prefiriendo amplitudes pequeñas en saltos rápidos) diferentes; con o sin descarga (en sucesión uniforme o en serie de saltos contrastantes: descargado – normal – descargado).
- Series de saltos (p. ej., triple, quintuple o décuple salto con cambio de pierna; en línea recta o en zigzag como saltos de cambio de dirección; saltos horizontales combinados con saltos múltiples verticales, etc.).
- Saltos a ritmo constante, con una pierna o con ambas (carrera de sacos) en un recorrido de 10, 15 o 20 m; hacia delante, hacia atrás o hacia los lados.

Los contenidos de entrenamiento para mejorar el programa temporal de los extensores del brazo y de los flexores de la mano y los dedos (como, p. ej., al lanzar el peso o al impulsarse con el brazo en la disciplina gimnástica de suelo o en el salto largo del potro) podrían ser los siguientes:

- Desde la postura de pie, dejarse caer hacia delante contra la pared –el recorrido de la caída cambiará dependiendo del estado de entrenamiento– efectuando inmediatamente un movimiento explosivo de extensión desde las articulaciones de la mano y los dedos.
- Saltos en vertical a partir de un impulso con las manos. El peso corporal del deportista se descarga con un arnés elástico y cuelga, con la cabeza hacia abajo, de una barra fija o de otras sujeciones posibles; sobre una superficie lisa o bien escaleras arriba y abajo.
- Lanzamientos con aparatos más ligeros (v. *supra*).

El entrenamiento de la velocidad acíclica tiene como objetivo no sólo el asentamiento de programas motores neuromusculares elementales –tarea que ocupa un primer plano durante la primera fase del entrenamiento de la velocidad (entrenamiento de base)–, sino también la transformación de dichos programas en ejercicios especiales de entrenamiento y de competición (que se debería conseguir en la segunda fase, el entrenamiento de profundización). Finalmente, en la tercera fase (entrenamiento de alto rendimiento) se debería crear las condiciones de rendimiento específicas (p. ej., la fuerza especial), sin perder de vista los programas motores elementales (cf. Voss, 1991, 50).

Entrenamiento de la velocidad cíclica elemental

La velocidad de frecuencia elemental y la capacidad para trabajar de forma muy rápida con movimientos reactivos acíclicos se entrenan sobre todo mediante ejercicios de frecuencia con amplitudes reducidas.

Para trabajar la velocidad cíclica elemental disponemos de diversas posibilidades (v. también entrenamiento infantil, pág. 419):

Se puede obtener de velocidades y programas temporales futuros:

- mediante condiciones facilitadas, como, por ejemplo, carreras cuesta abajo, carreras de arrastre y de tracción (v. pág. 414);
- mediante aplicación “obligada” de frecuencia supramáxima (ergómetro de motor, cinta rodante).

Los contenidos de entrenamiento para la frecuencia de movimiento de las extremidades inferiores podrían ser los siguientes:

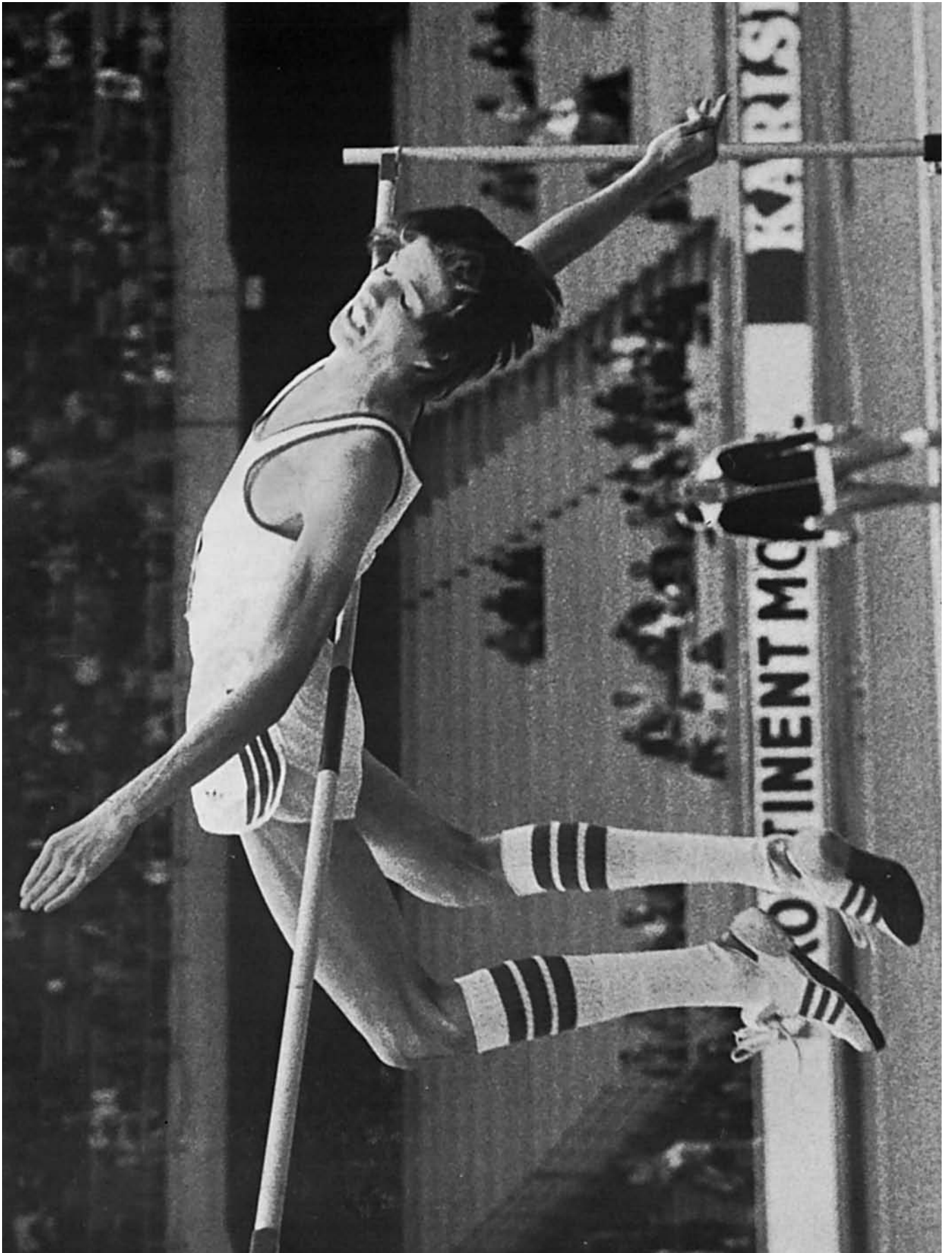
- Todos los ejercicios del ABC de la carrera en forma variada y debidamente adaptada (cf. Lehmann, 1993, 4 s.; Scholich, 1993, 17 s.).
- *Foot tapping* en postura sedente (v. pág. 414).
- Regates (carrera de la articulación del pie) sin moverse del sitio o avanzando (hacia delante, hacia atrás o hacia los lados; en terreno llano, escarpado o ascendente). Durante el regate los pies no se levantan del suelo (o apenas lo hacen), lo cual permite una elevada frecuencia de movimientos dada la escasa amplitud de éstos.
- *Skipping* (carrera con elevación de rodillas). Esta forma de carrera plantea ciertos problemas para los principiantes, dado que la mayor amplitud de movimiento implica una frecuencia de movimientos más reducida. La realización de este ejercicio en forma de *skipping* planos, sin moverse del sitio o avanzando sobre obstáculos planos (bastones, cuerdas), conlleva el riesgo, según Lehmann (1993, 6), de empeorar las condiciones de velocidad acíclica en las extremidades inferiores si su práctica es demasiado frecuente, pues la distribución de las fases de apoyo no resulta eficaz. Por ello es mejor un *skipping* sobre obstáculos de 10-15 cm de altura o sobre vallas planas, situadas a una distancia entre sí de 40 a 70 cm. Para evitar la consolidación de un estereotipo motor unilateral, debemos buscar un cambio constante de las distancias entre los obstáculos, aun manteniendo una frecuencia de movimientos siempre máxima. Se recomienda también el *skipping* en suelos diferentes (v. también pág. 392).
- Ergómetro de bicicleta sin resistencia, con frecuencia de pedaleo máxima, en series de 6 segundos de duración cada una.
- Carreras llevando los talones a las nalgas en diferentes variaciones (realización asimétrica, diferente amplitud del movimiento).

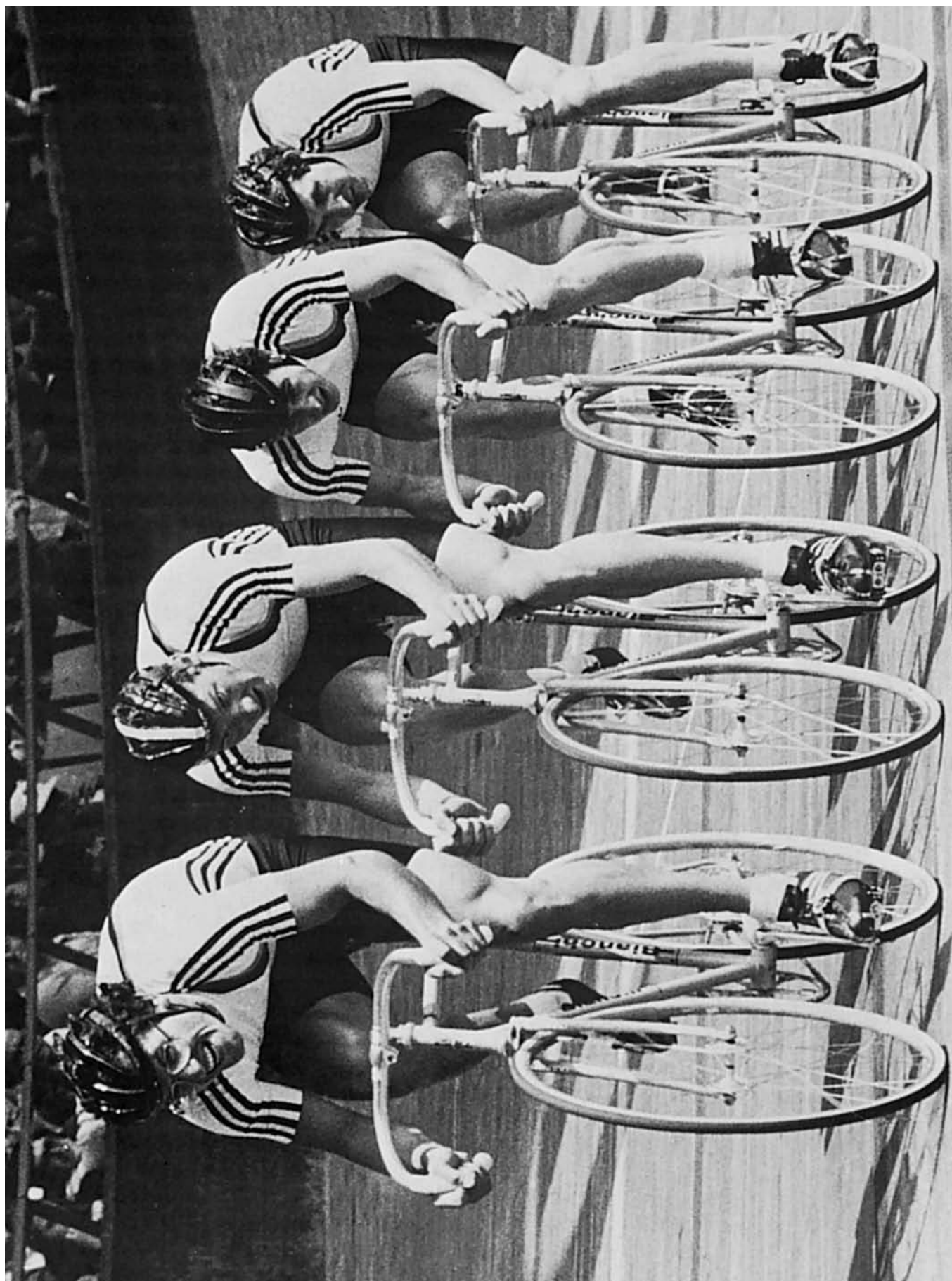
Por lo demás, otros ejercicios resultan también apropiados, según Lehmann (1993, 7):

- Desarrollo de la capacidad de diferenciación neuromuscular, con carreras de estimación de velocidad, incrementos de frecuencia (p. ej., pierna izquierda más alta que la derecha, etc.) y amplitudes (p. ej., movimiento más marcado con la pierna derecha que con la izquierda) asimétricos.
- Ejercicios de locomoción en diferentes direcciones de movimiento.

Con estos ejercicios se deberían enriquecer y completar los modelos motores y esquemas de activación de los movimientos de carrera.

Si nuestro objetivo es un alto nivel de frecuencia y amplitud del movimiento, y de velocidad de avance, pode-





mos utilizar todas las carreras, saltos, *skipping*, carreras de saltos pequeños, saltos con elevación alternativa de una rodilla y ejercicios de talones sobre nalgas, hacia delante, hacia atrás y hacia los lados.

- Movimientos rápidos cíclicos y acíclicos en condiciones facilitadas, como carrera escaleras abajo, saltos sobre una cuerda en rotación, carreras en recorrido circular con una, dos o más cuerdas en movimiento, individuales, en grupo o como carrera de persecución (v. fig. 308).

Principios metodológicos básicos para entrenar las condiciones elementales de la velocidad

- En el entrenamiento de programas motores neuromusculares, los volúmenes de carga se encuentran claramen-

te por debajo de los aplicados al entrenar las condiciones de la fuerza y la resistencia (cf. Schäbitz/Jödicke, 1987, 47; Voss, 1991, 49). El motivo radica en que el entrenamiento no se prolonga hasta llegar a la fatiga, y se enfatizan en cambio las exigencias cualitativas, concretamente la consecución de un programa temporal corto.

- Dada la dificultad de fatigar los programas neuromusculares elementales –Bauersfeld/Voss (1992) y Meyer/Narveit (1986, 46) no han podido constatar cambios en los tiempos de apoyo incluso después de 300 o 100 saltos realizados consecutivamente–, la configuración de las pausas no tiene que orientarse en función de los programas motores, sino de las otras condiciones del rendimiento implicadas (cf. Voss, 1991, 49).
- Entre las distintas series es suficiente con tiempos de pausa de entre 5 y 10 minutos. Durante el entrenamien-

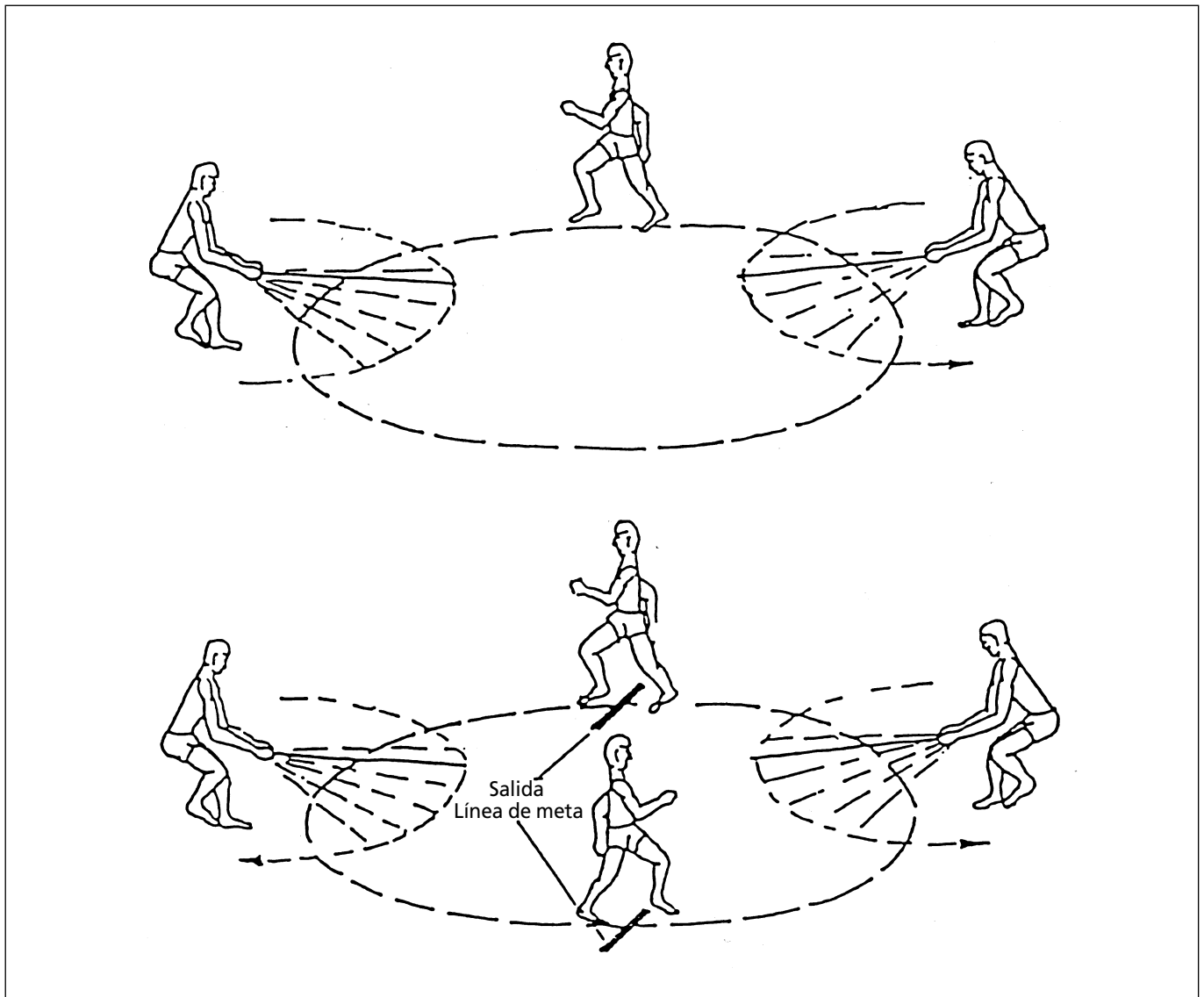


Figura 308. Carreras en el recorrido circular con una, dos o tres cuerdas girando, individuales o como carrera de persecución (modificado de Lehmann, 1993, 8).

to de pedaleo con ergómetro de bicicleta, las mediciones de lactato mostraban claramente que se estaba entrenando en condiciones alácticas (cf. Schäbitz/Jödick, 1987, 47).

- El número de las series debería situarse entre cuatro y seis.
- Sólo se debería efectuar dos sesiones de entrenamiento a la semana centradas en la velocidad elemental, pues de no ser así se puede producir una acumulación de fatigas (cf. Voss, 1991, 49).
- Después de cuatro sesiones de entrenamiento, el énfasis debería ponerse claramente en la recuperación.
- Los contenidos de entrenamiento utilizados deben asegurar el cumplimiento del programa marcado como objetivo, lo cual exige una elevada intensidad de movimientos, una buena calidad de ejecución y condiciones externas parcialmente modificadas (cf. Voss, 1991, 49).
- Un 60 % de las repeticiones, como mínimo, debería encontrarse en el nivel marcado como objetivo (cf. Stark, 1986, 29; Voss, 1991, 49).
- Los programas motores más rápidos recién consolidados se caracterizan por una elevada estabilidad. Los estudios de Gundlach (1987, 68) y Beherns (1988, 54), efectuados después de un entrenamiento de salto pliométrico en condiciones facilitadas, lo demuestran de forma convincente.
- Los deportistas más inestables en cuanto a su programa motor pueden sufrir una “recaída” en programas antiguos después de un entrenamiento posterior con otros contenidos. Por ello, en las siguientes etapas de entrenamiento se debería aplicar “estímulos de recuerdo”, con ejercicios de descarga del peso corporal, para la estabilización de los programas temporales cortos.

El desarrollo a largo plazo de los rendimientos deportivos máximos en el ámbito de la velocidad exige progresos graduales en el desarrollo de las condiciones elementales de la velocidad, que, según Bauersfeld/Voss (1992, 79), debe tener lugar en tres etapas claramente diferenciadas entre sí (v. tabla 53).

Importante:

“Los entrenamientos de la velocidad elemental y compleja deben tomarse siempre como una unidad, ya que se condicionan mutuamente. Uno de ellos por sí solo no puede satisfacer nunca, en ninguna etapa formativa de la consolidación del rendimiento a largo plazo, las exigencias específicas de la velocidad dentro de una modalidad o disciplina.” (Bauersfeld/Voss, 1992, 79)

Entrenamiento de la velocidad de acción compleja

Si las condiciones elementales de la velocidad cíclica y acíclica se han desarrollado hasta el nivel de un programa temporal futuro, dicho programa deberá incorporarse al movimiento de competición y entrenarse en combinación con las demás condiciones del rendimiento involucradas en el movimiento.

Atención:

Los movimientos nuevos (p. ej., gestos parciales de la técnica aún no dominados) tienen que aprenderse primero en el ámbito de intensidad submáxima y moldearse posteriormente en una transición hacia las intensidades máximas y supramáximas (todos los movimientos de carrera y los saltos; cf. Zintl, 1989, 621).

La transferencia de las condiciones elementales de la velocidad al esprint no se produce siempre de forma automática, sino que necesita el apoyo de métodos y contenidos de entrenamiento apropiados (p. ej., entrenamiento de la técnica; cf. Voss, 1991, 54).

Para mejorar la velocidad del esprint se necesita practicar diferentes ejercicios específicos, próximos a la velocidad de competición (cf. Tabashnik, 1991, 51).

Así pues, el proceso de entrenamiento debe intensificarse en sus vertientes física, psíquica, metabólica, neuromuscular y metodológica/de contenido.

Para el entrenamiento de la frecuencia hemos de tener en cuenta que, en carreras lanzadas, el 50 % más o menos de los deportistas consiguen su frecuencia de zancada máxima por debajo de la velocidad de carrera máxima posible de cada individuo. Algo similar puede decirse del tiempo de apoyo (cf. Fischer, 1990, 19). Normalmente el aprovechamiento mejor de la carga de frecuencia y del tiempo de apoyo se consigue con una reducción de velocidad en torno al 5 %, una circunstancia que debería tenerse en cuenta en el entrenamiento.

La primera condición para que un programa temporal elemental incida de forma eficaz en el rendimiento específico complejo de la velocidad es la incorporación de este programa a los ejercicios específicos y al ejercicio de competición, proceso en el que hay que aprovechar el carácter transferible de los programas temporales elementales (cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 66).

La tabla 54 nos ofrece una visión global de un entrenamiento diferenciado de la velocidad, no específico del esprint, pero selectivo. El esquema de un entrenamiento específico del esprint lo encontramos en la tabla 55.

Etapas formativas	Indicaciones generales	Ejemplos para una modalidad acíclica de fuerza rápida (saltos en atletismo)
<p>Nivel 1: desarrollo del programa temporal corto</p>	<p>Desarrollo del programa temporal en un movimiento relativamente sencillo, pero relacionado Organización del movimiento en el programa tomado como objetivo mediante la práctica selectiva de ejercicios de entrenamiento</p> <p>Desarrollo de los programas temporales en etapas relativamente cortas, con objetivos muy marcados</p> <p>Realizar, como mínimo, el 50 % de las repeticiones en el programa tomado como objetivo Intensidad de movimientos máxima y alta calidad de la ejecución</p> <p>Volumen de carga relativamente bajo (comparado con otros ámbitos de entrenamiento)</p> <p>Mantener el régimen de pausas actual</p>	<p>Organización de la práctica del ejercicio de entrenamiento relativamente sencillo Salto pliométrico en el programa temporal tomado como objetivo (tiempo de apoyo por debajo de 170 ms), mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • descarga del peso corporal • medios para reducir los estímulos <p>Etapas de entrenamiento con una duración de entre 6 y 8 semanas para el desarrollo del programa temporal corto (posibilidad después de etapas más cortas como estímulo de recuerdo)</p> <p>Descarga del peso corporal en los saltos pliométricos de entre el 30 % y el 50 %</p> <p>Volumen de carga: entre 140 y 300 saltos en un plazo de entre 6 y 8 semanas Máximo de dos sesiones de entrenamiento por semana Dos o tres series por sesión de entrenamiento Entre cinco y ocho saltos por serie</p> <p>Pausa entre series de 5 a 10 minutos En una etapa de 8 semanas incluir una fase de recuperación de una semana (para este tipo de entrenamiento)</p>
<p>Nivel 2: manifestación del programa temporal objetivo con las técnicas específicas</p>	<p>No trabajar el asentamiento del programa temporal deseado en la técnica específica hasta que éste no se haya desarrollado en el movimiento más sencillo</p> <p>La transferencia del programa al movimiento específico resulta ya parcialmente "automática"</p>	<p>No iniciar el asentamiento del programa temporal corto en el ejercicio específico de salto hasta que éste no se haya conseguido en el salto pliométrico y hasta que el entrenamiento no termine en condiciones de descarga</p>



Tabla 53. Indicaciones metodológicas para desarrollar programas temporales neuromusculares elementales (de Bauersfeld/Voss, 1992, 80/81)

Etapa formativa	Indicaciones generales	Ejemplos para una modalidad acíclica de fuerza rápida (saltos en atletismo)
	<p>El interés principal se centra en el programa temporal y en la estructura rítmico-temporal de la fase principal</p> <p>Las condiciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • exigencias de velocidad máximas y específicas de la competición • realización del 50 %, como mínimo, de las repeticiones del movimiento que se quiere aprender en el programa modelo (si hay posibilidad, también en condiciones facilitadas) • desarrollar, con ejercicios de técnica específicos, las características motoras espaciales que apoyan directamente el asentamiento del programa modelo <p>Asentamiento de la técnica global de acuerdo con los principios del entrenamiento de la técnica</p> <p>Los ejercicios de competición o de entrenamiento que planteen menos exigencias de velocidad al programa temporal corto deben consolidarse antes que los más exigentes</p>	<p>El desarrollo del complejo "impulso-salto" pasa a ser el centro de atención en el entrenamiento; en un primer momento los movimientos del vuelo son secundarios</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el entrenamiento de la técnica, realizar el 50 % de los saltos, como mínimo, partiendo de velocidades de carrera elevadas, esto es, con carreras de preparación largas, tiempos de despegue en el programa temporal corto • En los movimientos de salto, desarrollar las características técnicas espaciales y espacio-temporales, movimientos de agarre, de empuje y de asentamiento del pie, para conseguir el programa temporal corto <p>Para el desarrollo de los movimientos en las fases de vuelo, incluir también despegues con velocidades menores o apoyados, entre otras posibilidades</p> <p>Consolidar el programa temporal corto primero en el salto de altura y después en el salto de longitud</p>
<p>Nivel 3: incorporación del programa temporal modelo al entrenamiento de condición física específico</p>	<p>Para desarrollar las condiciones físicas del rendimiento, utilizar sólo aquellos ejercicios de entrenamiento en los que se consiga el programa temporal corto</p> <p>Realizar el 50 %, como mínimo, de las repeticiones de un ejercicio de entrenamiento en el programa temporal específico del movimiento</p>	<p>Desarrollar la técnica de carrera previa al salto sólo para el programa temporal corto, y utilizar posteriormente dicha carrera sólo para desarrollar la fuerza de salto</p> <p>Regular el entrenamiento de la fuerza de salto en función del porcentaje de saltos en el programa modelo (se deben medir en el entrenamiento los tiempos de despegue y las velocidades de la carrera previa al salto)</p>

Tabla 53. Indicaciones metodológicas para desarrollar programas temporales neuromusculares elementales (de Bauersfeld/Voss, 1992, 80/81) (continuación)

Otras formas de entrenamiento podrían ser:

- “carreras de velocidad variable”;
- 30 m con velocidad máxima, 50 m de carrera libre (unos 200-300 m);
- *fartlek* a ritmo de esprint;
- “el último esprinta hacia delante”.

Para mejorar la velocidad de carrera se ha comprobado la especial eficacia del *método de repeticiones con carga variable*, que también es conocido como *método variable*.

La carga variable tiene, según Kusnezov (citado en Tschiene, 1973, 197), ventajas claras frente al *efecto sintético*, esto es, la aplicación exclusiva de la carga estandar con intensidad máxima.

En el *método variable* se aprovecha el llamado efecto tardío sobre el sistema neuromuscular, en el cual se basa el mecanismo de la memoria a corto plazo.

Contenidos de entrenamiento para el método variable

- Carreras con resistencia aumentada alternando con carreras normales en relación de 1:1.

El aumento de la resistencia puede conseguirse con una persona desplazándose sobre patines, remolcada por el corredor con la ayuda de una cuerda. Este ejercicio de resistencia permite un mejor desarrollo dinámico (frente a los habituales ejercicios de resistencia con frenado manual o mediante correa), y se puede utilizar además en salidas y en recorridos curvilíneos y no genera comportamientos de carrera viciosos como ocurre con la resistencia manual (Ebert/Hackmann/Hommel, 1975, 271). Además, soltando la cuerda en el transcurso del esprint se puede conseguir un efecto adicional para el desarrollo de la fuerza explosiva.

- Carrera cuesta arriba–cuesta abajo–normal (en diferentes combinaciones).

Como sucesiones óptimas se recomiendan:

- 30 m cuesta abajo, a continuación 30 m lisos; o bien,
- 30 m cuesta arriba, a continuación 60 m lisos; o bien,
- 30 m cuesta arriba, 60 m lisos, 30 m cuesta abajo y 30 m lisos (Tschiene, 1983, 199).

En el caso del *método variable* se puede decir, de forma muy general, que la mejora sólo resulta posible si el nuevo esquema temporal se distingue del anterior mediante “valores de umbral”, esto es, magnitudes mínimas pero completamente perceptibles (que se hagan conscientes), y por tanto controlables.

Nombre del ejercicio	Descripción del movimiento	Repets. / serie	Velocidad de movimiento	Duración del estímulo / series	Densidad del estímulo (pausa)
1 Saltos a la comba (acíclicos)					
a)	Con ambas piernas	2x20	Rápida		5'
b)	Con una pierna	2x15	Rápida		5'
c)	Con ambas piernas		Máxima	2x6"	5'
d)	Con una pierna		Máxima	2x6"	5'
2 Saltos pliométricos (acíclicos)	Con ambas piernas desde el banco / banqueta				
a)	Sin orientación hacia la altura, con descarga (fig. 1)	4-6 veces	Rápida	5'	
b)	Con orientación hacia la altura, con descarga	4-6 veces	Rápida	5'	
c)	Con orientación hacia la altura, por parejas y ante una orden (con o sin descarga)	4-6 veces	Máxima, parcialmente en forma de competición	5'	

Tabla 54. Resumen de los contenidos para un entrenamiento diferenciado de la velocidad, no específico del esprint (de Fischer, 1990, 20)

Nombre del ejercicio	Descripción del movimiento	Repets. / serie	Velocidad de movimiento	Duración del estímulo / series	Densidad del estímulo (pausa)
3 Saltos con una pierna (acíclicos)					
a)	Con retirada de la carga conforme se eleva el lugar del salto (fig. 2)	4/4	Rápida		5'
b)	Con descarga, como salto pliométrico	4/4	Rápida		5'
4 Saltos pliométricos (acíclicos/cíclicos)	Entre dos cajones de plinto o banquetas, piernas separadas, aterrizaje después del salto en profundidad con piernas cerradas, salto hacia arriba abriendo de nuevo las piernas (fig. 3)				
a)	Sin cambio de pierna Con descarga	10 veces	Primero pausa breve después de salto rápido hacia arriba, después uno tras otro con velocidad máxima	5'	
b)	Con cambio de pierna, por lo demás como a (fig. 2)	10 veces	Como a		5-7'
c)	Con o sin cambio de pierna y descarga		Con velocidad máxima	4-6"	5-7'
d)	Como c, sin descarga		Con velocidad máxima	4-6"	5-7'
5 <i>Skipping</i> (cíclico)					
a)	Sin moverse del sitio, alternando con trabajo lento de la articulación del pie	20/20	Lenta/rápida		5'
b) En un recorrido de <i>skipping</i>	Normalización de la longitud de los pasos (70 cm aprox.). Nos centramos en la altura de subida (fig. 4)	10-15 pasos	Indicación de frecuencia creciente		5'
c)	En un recorrido de <i>skipping</i> Nos centramos sólo en la longitud de los pasos	10-15	Indicación de frecuencia creciente	Como b	5' 5'
6 Entrenamiento con ergómetro	Después de 5' de rodaje Sin resistencia	6"	Indicación de frecuencia creciente (media, alta, máxima)		5'
7 Carreras escaleras abajo	Escalones relativamente planos, fáciles de saltar uno por uno	20 escalones	Hay que diferenciar conscientemente la frecuencia de paso entre los distintos escalones		5'
8 Carreras escaleras arriba	Partiendo de una aceleración breve (tramo llano) se toma cada escalón al esprint	15 escalones	Máxima		5'

Tabla 54. Resumen de los contenidos para un entrenamiento diferenciado de la velocidad, no específico del esprint (de Fischer 1990, 20) (continuación)

Nombre	Descripción	Longitud recorrida	Velocidad de movimiento	Densidad del estímulo (pausa)
9 Carreras				
a)	“Dejarse caer” desde la postura sobre las puntas de los pies, con piernas extendidas	20 m	Máxima (acelerada)	3-5’
b)	Partiendo de un “impulso centrífugo” y posición de pies desplazada	20 m	Máxima (acelerada)	3-5’
c)	Arrancar con movimiento de preparación (1-3 saltos cortos), aterrizando en la posición de flexión completa	30 m/60 m	Arranque máximo, posible repetición después de una suave	3-6’
d)	Posición de flexión completa (una mano como mínimo en contacto con el suelo)	Carrera de relajación 20 m	De submáxima a máxima	3-5’
e)	Posición de flexión	20 m	Destacar la frecuencia completa entre 10 y 20 m	3-5’
f)	Como e	Ampliar la longitud del recorrido hasta 40 m	Destacar la frecuencia entre 20 y 30, y 30 y 40 m	6’
10 Salida baja	Con y sin estímulo de salida Con y sin compañero	10-60 m	De submáxima a máxima	Hasta 15’
11 Carreras progresivas	Incrementar progresivamente la velocidad	60-100 m	Frecuencias de paso relativamente elevadas, con velocidad submáxima (85-90 %, en casos excepcionales por encima)	6-8’
12 Carreras lanzadas	Acelerar con fluidez hasta la velocidad máxima	20-30 m (etapa de velocidad pura)	Máxima, como carrera de control, o bien al 85-95 % (control mediante célula fotoeléctrica)	6-10’

Tabla 55. Resumen de las formas de un entrenamiento específico del esprint (de Fischer, 1990, 21)

Entrenamiento de la resistencia de la velocidad

Definición

Por resistencia de la velocidad se entiende, en metodología del entrenamiento, la capacidad para mantener la fase de velocidad máxima durante un tiempo prolongado.

Unos músculos fuertes y rápidos pueden tener, según Gundlach (1969, 225) una capacidad de resistencia buena o mala. Esta capacidad se puede entrenar en una medida mucho mayor que, p. ej., la velocidad de inervación o la

capacidad de contracción del músculo. El aumento de la resistencia de la velocidad capacita al deportista para mantener la fase de coordinación rápida y la velocidad máxima durante un tiempo prolongado.

La resistencia de la velocidad depende, desde el punto de vista coordinativo, de la velocidad de acción (en el sentido de la coordinación rápida) y, desde el punto de vista energético, del suministro energético anaeróbico láctico y de los fosfatos ricos en energía. En este sentido la resistencia de la velocidad –conocida también como capacidad de aguante– reviste una gran importancia para el corredor de corta distancia (100-400 m). Para los juegos deportivos, en cambio, una resistencia de la velocidad definida en estos términos desempeña un papel secundario, pues la lon-

gitud de sus arranques raramente supera los 30 a 40 m, manteniéndose así en el ámbito de la fase de aceleración, esto es, predominantemente en el ámbito aláctico (cf. Weineck, 1992, 418).

Pese a la extraordinaria brevedad del tiempo de carga, el sprinter no consigue prolongar la fase de velocidad máxima hasta llegar a la meta de los 100 m. La elevada intensidad de carga supone una sollicitación tan intensa que los estados de inhibición del SNC, de origen energético, reducen antes de tiempo las tasas de inervación máxima necesarias para la coordinación rápida. Después de 5 a 7 segundos de carga de carrera máxima, el suministro energético anaeróbico láctico (con formación de ácido láctico) va adquiriendo una función cada vez más dominante.

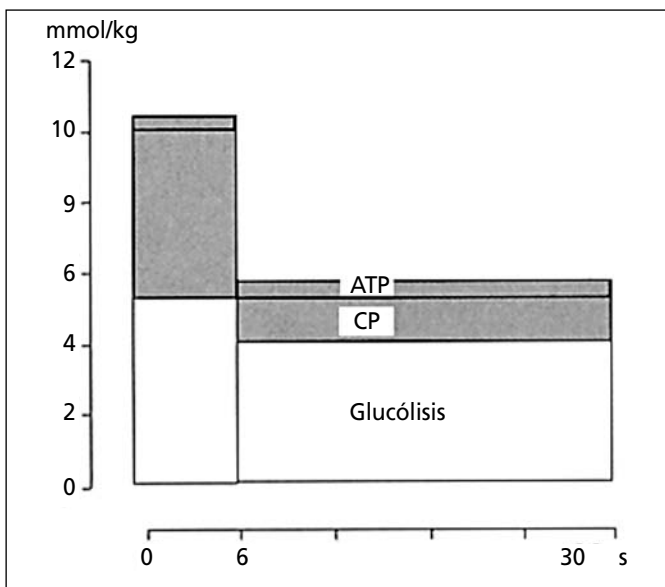


Figura 309. Alteración en las reservas energéticas después de una carga de carrera máxima de 30 segundos (de Boobis, 1988, 128).

Como se puede ver en la figura 309, el descenso drástico se produce sobre todo en las reservas de fosfato de creatina. Pero también resultan afectadas las reservas de glucógeno en el músculo.

Como se puede observar en la figura 315, al realizar una o varias carreras de 100 m se produce un notable ascenso del ácido láctico como expresión de procesos energéticos anaeróbicos lácticos.

Mediante un entrenamiento específico se puede influir sobre el momento de esta fatiga, en el sentido de retrasar su aparición. Al aumentar sobre todo las reservas de CP (v. pág. 364) se prolonga el período de flujo energético máximo y, por tanto, la fase de velocidad máxima.

Los métodos idóneos son, por una parte, la carrera en la distancia superior (*over distance running* = recorrer una distancia superior en un 10-20 % a la de competición) y, por otra, el método interválico intensivo (pausa incompleta).

Contenidos de entrenamiento

Como contenidos de entrenamiento sirven tanto las distancias más largas como las cargas en condiciones dificultadas, como:

- carreras cuesta arriba;
- carreras llevando chalecos/cinturones/manguitos empleados;
- carreras sobre la arena o la nieve;
- carreras de tracción y arrastre;
 - carreras contra resistencia de tracción del compañero;
 - carreras con trineo de tracción;

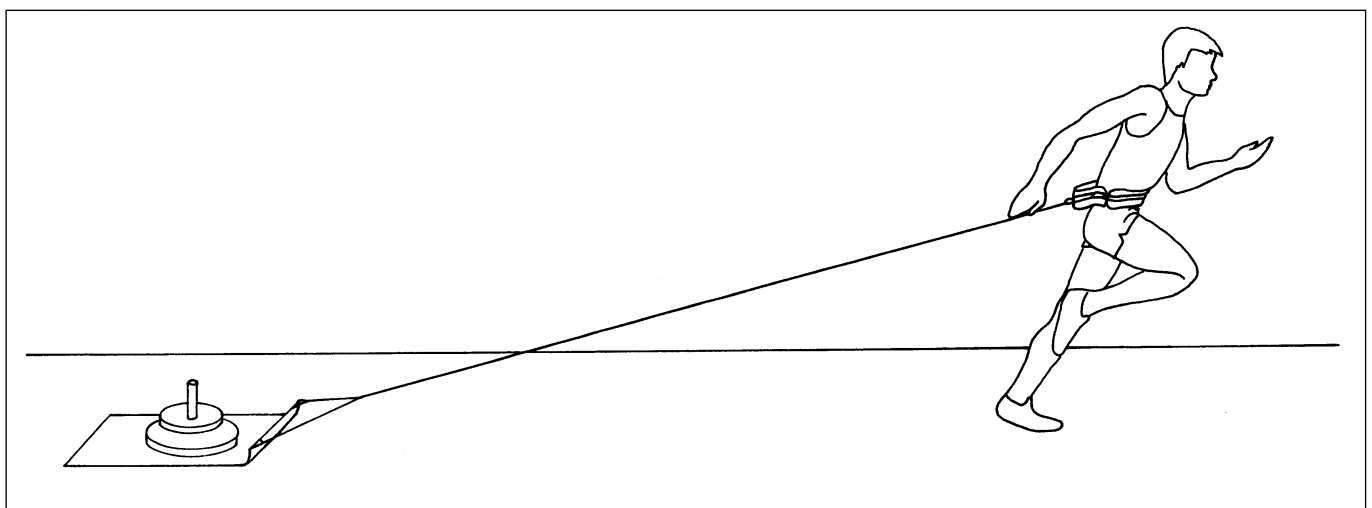


Figura 310. Trineo de tracción (modificado de Bolm, 1993, 16).

Como muestra la figura 310, se puede utilizar aquí un trineo (hecho de chapa de acero) con una carga de peso adaptada al individuo (platos de haltera). Cabe pensar también en neumáticos de diferentes tamaños y pesos.

En las carreras contra resistencia por tracción el peso que se arrastra se sitúa entre el 5 y el 8 % del peso corporal del deportista (cf. Lavrienko y cols., 1990, 3).

Una descripción exhaustiva y una sistematización de las carreras contra resistencia por tracción, con ayuda de trineos, se puede encontrar en Bolm (1993, 17).

Puede utilizarse además el llamado “paracaídas de velocidad” (*speed chute*; cf. Tabachnik, 1991, 51, y 1992, 25; cf. fig. 311).

Con el uso de un paracaídas de velocidad se ha podido aumentar, en los estudios de Tabachnik (1991, 51), la velocidad máxima, la aceleración de salida y la resistencia de la velocidad en esprinters ya avanzados, lo que subraya su importancia para la metodología del entrenamiento.

Sus ventajas específicas radican en los siguientes hechos:

- permite movimientos próximos a la técnica del esprint;
- plantea resistencias diferentes dependiendo de la velocidad de carrera (tanto mayores cuanto más rápidamente se corre);

- se ofrece en diferentes magnitudes de resistencia (4 kg, 5,9 kg y 10 kg), permitiendo, por tanto, abordar tareas de entrenamiento diferentes de manera selectiva, como la resistencia de la velocidad o la velocidad máxima;
- con el uso de uno o varios paracaídas se puede modificar la resistencia a voluntad, dependiendo del objetivo en cuestión;
- en la combinación de las diferentes resistencias se puede conseguir una eficacia máxima para desarrollar la fuerza rápida, la velocidad máxima y la resistencia de la velocidad (cf. tabla 56); Tabachnik (1991, 52) señala seis posibilidades principales (v. tab. 56);
- la carrera con paracaídas ejerce un influjo positivo sobre la técnica de carrera, pues la resistencia adopta una dirección horizontal y se ejerce casi exactamente sobre el centro de gravedad del cuerpo;
- el paracaídas mejora la frecuencia de la zancada, sin acortar la longitud de ésta, y
- en las modalidades de juego permite un grado de dificultad añadido con la práctica de ejercicios especiales, como carreras hacia atrás, carreras de cambio de dirección, etc.

Como se puede ver en la tabla 56, el paracaídas de velocidad resulta apropiado no solamente para mejorar la resistencia de la velocidad (cf. también Puleto, 1991, 47).

Podemos formular las siguientes recomendaciones (atletas avanzados):

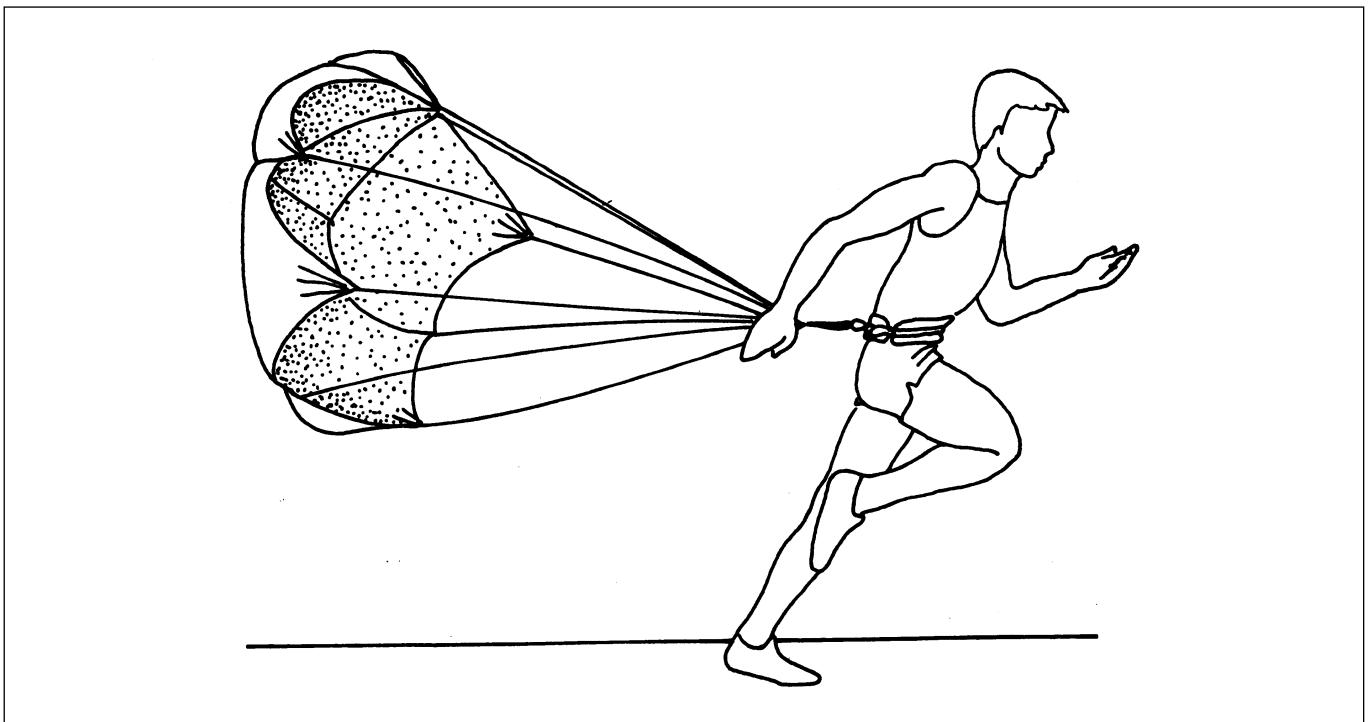


Figura 311. El “paracaídas de velocidad” como herramienta de entrenamiento para mejorar la resistencia de la velocidad.

1. Desarrollo de la velocidad máxima

- entre cuatro y seis carreras en una distancia de 60-80 m (arrancando en postura de pie);
- pausa entre las carreras: entre 6 y 8 minutos;
- variación del orden de las carreras: tres veces con paracaídas, dos o tres sin él; alternar esprints con o sin paracaídas; a mitad del recorrido soltar el paracaídas y continuar la carrera en condiciones normales.

2. Aceleración de salida

- salidas con carreras de 30-50 m;
- 4 a 5 minutos de pausa entre las carreras;
- entre 6 y 8 minutos de pausa entre cada serie;
- distancia total entre 350 y 450 m por sesión de entrenamiento;
- utilización de todos los tipos de paracaídas.

3. Resistencia de la velocidad

- esprints máximos a lo largo de 80-100 m, como posibilidad mejor a lo largo de 150 m, pues en este caso se puede correr con una velocidad de al menos el 90 % del máximo;
- sólo pausas incompletas de 3 minutos entre las carreras.

Hemos de indicar que el paracaídas de velocidad, con sus elevadas exigencias de fuerza, está fuera de lugar en el entrenamiento de base, tal como propone Tabachnik (1992, 25).

Otros contenidos de entrenamiento pueden ser:

- esprints escaleras arriba;
- carreras de velocidad variable (*ins and outs*); como ya hemos mencionado, ejercen una influencia positiva sobre todos los componentes del esprint;
- carreras contra el viento;

- empujar coches, trineos, *bobs*, etc.;
- trabajo de las piernas contra resistencia del agua;
- carreras contra la resistencia de una cuerda mágica (¡tener en cuenta la estructura progresiva de la carga!).

El objetivo de los ejercicios anteriormente descritos es el entrenamiento específico de la fuerza específica y de la actividad muscular elevando el gasto de fuerza, proceso que tiene lugar mediante un mayor reclutamiento de fibras musculares y un ascenso en el modelo de inervación.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que uno de los problemas que plantean estos ejercicios consiste en que unas cargas seleccionadas de forma errónea pueden influir en sentido negativo sobre los programas motores y la técnica específicos de la modalidad (cf. Tabachnik, 1991, 51).

Problemas y riesgos en el entrenamiento de la resistencia de la velocidad

Como se puede observar en la figura 312, en un caso de juego deportivo (fútbol), un entrenamiento demasiado frecuente de la resistencia de la velocidad (durante el período de competición) no provoca una mejora, sino una caída de la velocidad de arranque.

Con este tipo de entrenamiento se producen aumentos demasiado pronunciados de los valores de lactato, que en la competición normal no se alcanzan ni de lejos (fig. 313).

La siguiente afirmación interesa sobre todo en las modalidades de juego:

En el entrenamiento de la resistencia de la velocidad se producen ascensos de lactato de entre 15 y 20 mmol/l, mientras que en los partidos de campeonato de las ligas profesionales apenas se constatan ascensos superiores a los 4-6 mmol/l (fig. 324; cf. también Krümmelbein y cols., 1989, 445).

Posibilidad	Tipos de PV	Resistencia	Objetivos de entrenamiento
1	2 PV medios	11,8 kg	Fuerza rápida/capacidad de aceleración
2	1 PV grande	10 kg	Fuerza rápida/capacidad de aceleración
3	2 PV pequeños	8 kg	Fuerza rápida/capacidad de aceleración
4	1 PV medio	5,9 kg	Aceleración/resistencia de la velocidad
5	1 PV medio	4 kg	Velocidad máxima/técnica
6	1 PV medio o pequeño soltándolo		Velocidad máxima/técnica

Tabla 56. Los tipos del paracaídas de velocidad (PV) y sus posibilidades de uso con diferentes objetivos de entrenamiento (de Tabachnik, 1991, 52)

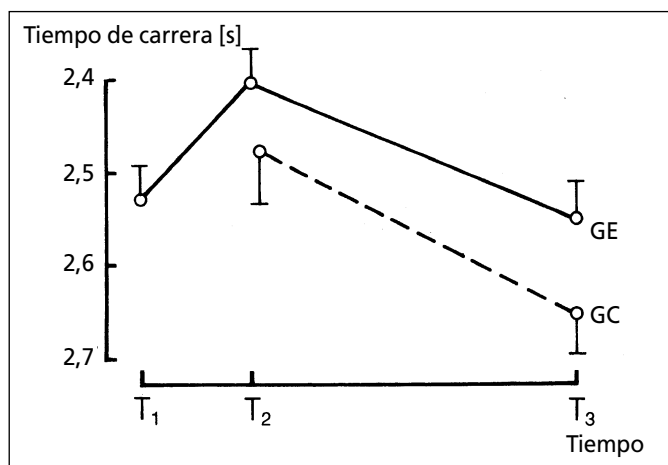


Figura 312. Velocidad de arranque (tiempo en un sprint de 16 m) al inicio del periodo de pretemporada (T₁), al final de éste (T₂) y al concluir la eliminatoria previa (T₃) (de Binz/Wenzel, 1987, 8).

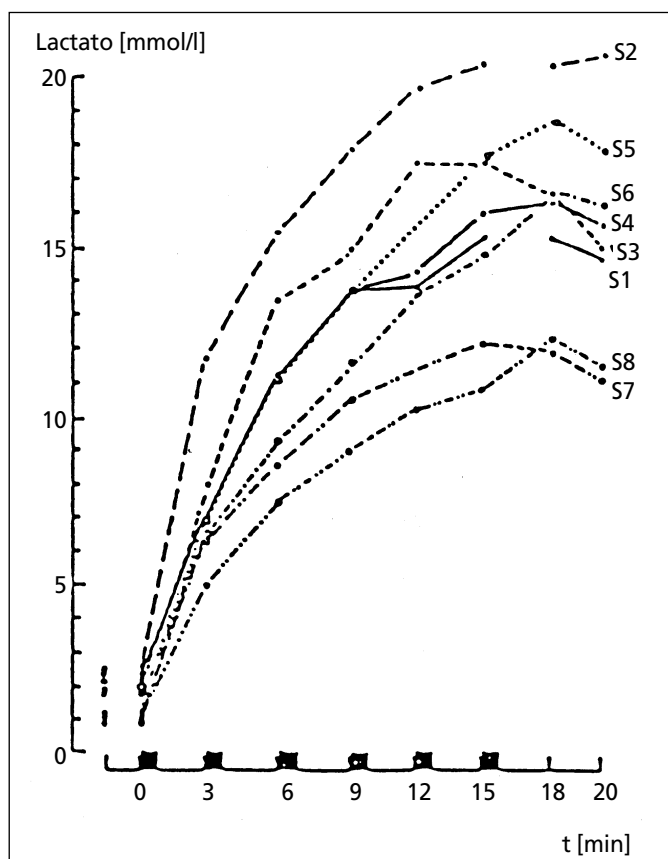


Figura 313. Comportamiento del lactato en sangre en un entrenamiento de la resistencia de la velocidad con jugadores de fútbol. Se efectuaron seis carreras cuesta arriba (con pendiente aproximada del 15-20 %, recorrido de unos 130 m) con descanso útil (columnas pequeñas). El siguiente estímulo de carga se situó en una frecuencia cardíaca de 120 pulsaciones/min (duración media de las pausas = 2-2 1/2 min). Los jugadores 7 y 8 entrenaron con el "freno manual" echado, pues su experiencia les había mostrado que las cargas de este tipo no influían mejorando la condición física, sino empeorándola (de Liesen, 1983, 25).

El entrenamiento de la resistencia de la velocidad, imprescindible en atletismo, no sólo es inútil para las modalidades de juego, como ya hemos mencionado, sino incluso perjudicial para la capacidad de rendimiento deportivo.

En las disciplinas de carrera, el entrenamiento de la resistencia de la velocidad no se debería efectuar nunca más de una vez por semana.

Además de trabajar rendimientos metabólicos no específicos de la modalidad y de suponer un coste para la velocidad de salida (fig. 314), el entrenamiento de la resistencia de la fuerza presenta otros efectos negativos que señalamos a continuación (cf. Liesen, 1983, 28 s.; Hellwig y cols., 1988, 404):

a) Descenso de la capacidad de rendimiento del sistema nervioso central, con una menor capacidad de concentración que se verá reflejada en el rendimiento técnico-táctico. La práctica en el mismo día de un entrenamiento de técnica específico para la modalidad deportiva en el mismo día en que se realizó el entrenamiento de resistencia-velocidad no es significativa, pues la recuperación del sistema nervioso central después de un entrenamiento de este tipo dura entre 10 y 16 horas.

b) Sobrecarga del organismo y restricción de la capacidad de regeneración.

Después de las hiperacidosis provocadas por un entrenamiento de resistencia de la velocidad, el tiempo de regeneración se prolonga de tal modo que el deportista de rendimiento, con un régimen de dos sesiones semanales de este tipo de entrenamiento –y manteniendo su cuota de entrenamiento habitual de otro tipo–, suele pasar a una situación metabólica general de catabolismo (degradación); por este motivo no llega, como pretendía, a la llamada fase de supercompensación, con el consiguiente aumento de la capacidad de rendimiento, sino que necesita toda su fuerza anabólica (resíntesis) para compensar los daños metabólicos causados por la hiperacidosis. Así pues, el cuerpo no consigue mantener en la medida suficiente un nivel de rendimiento ya desarrollado (p. ej., en los ámbitos de la resistencia y la velocidad), que exige un rendimiento anabólico constante.

La activación de la lisozima origina, entre otros factores, una degradación de enzimas, proteínas contráctiles, etc., lo que el lenguaje coloquial describe acertadamente diciendo que "se tocan fibras sensibles" (cf. Liesen, 1983, 23).

La figura 314 nos ofrece un resumen de las consecuencias de la hiperacidosis crónica del organismo y de la sobrecarga de la simpaticotonía, normalmente asociada a la primera.

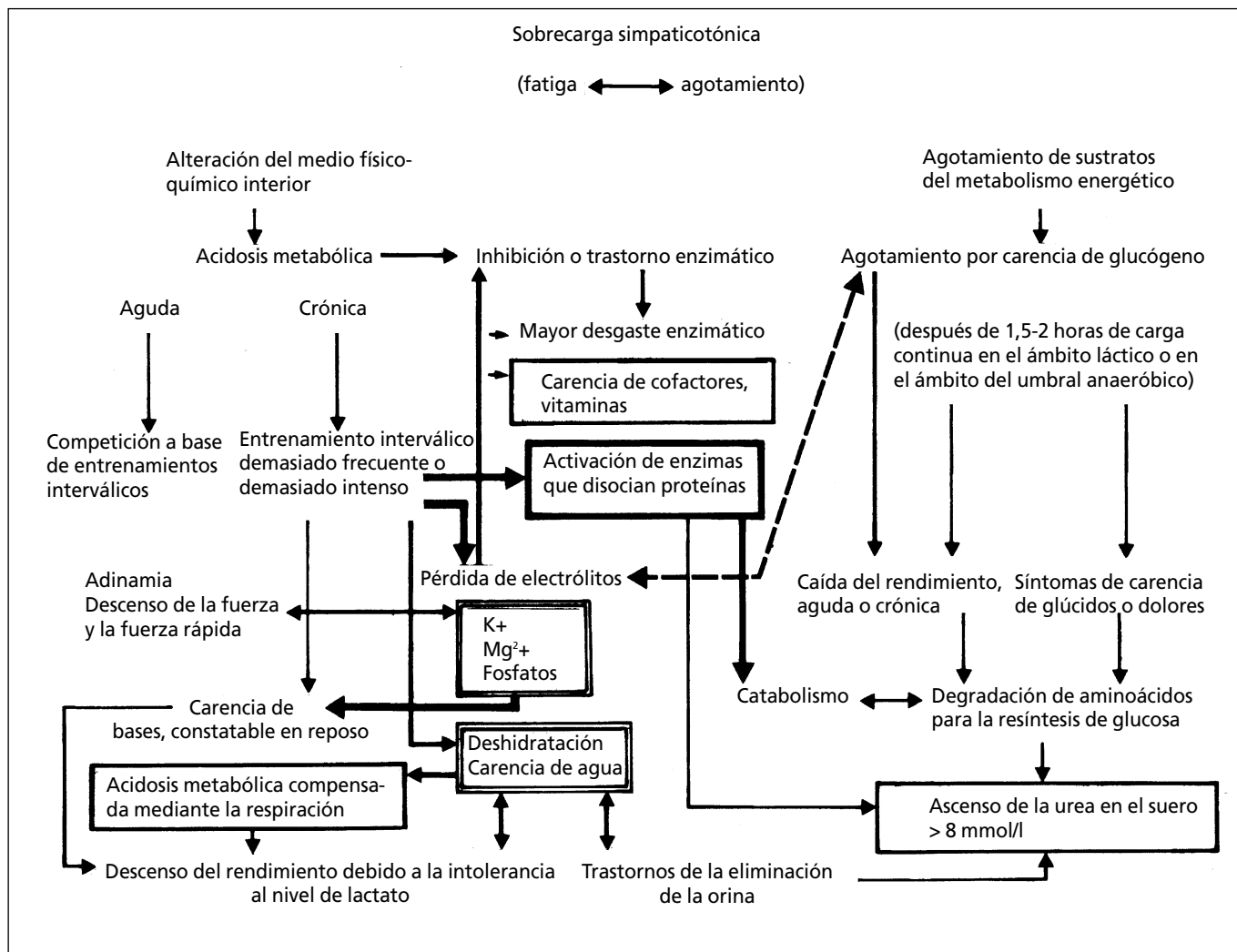


Figura 314. Resumen de algunas reacciones metabólicas en casos de sobrecargas en el entrenamiento y la competición (resumen tomado de Mader, citado en Liesen, 1983, 23). En el lado izquierdo se representan las consecuencias del sobreentrenamiento agudo o crónico (p. ej., dos sesiones semanales de resistencia de la velocidad) y en el lado derecho, las reacciones metabólicas. En los recuadros se muestran los factores susceptibles de medición y evaluación rutinarias.

Entrenamiento de la velocidad y componentes de la carga

La dosificación correcta de los componentes de la carga desempeña el papel decisivo para que un entrenamiento de la velocidad según el método de repeticiones sea eficaz.

Intensidad del estímulo

La *intensidad* del ejercicio tiene que determinarse de forma que se alcancen sus intensidades elevadas y máximas necesarios para el desarrollo de la velocidad. No obstante, hemos de tener en cuenta los riesgos asociados a la utilización de velocidades máximas (formación de una barrera de la velocidad) (v. pág. 411).

Densidad del estímulo

La densidad del estímulo –que define la relación temporal entre fases de carga y fases de recuperación– debería configurarse de forma idónea para el individuo. Dado que la eficacia del trabajo de la velocidad sólo está garantizada en estado de recuperación, resulta crucial una desviación suficiente de las fases de recuperación. Estos tiempos deben ocuparse de forma activa, con marcha o trote ligero, para mantener el sistema neuromuscular en un nivel de excitación suficientemente alto. La duración de la recuperación se tiene que adaptar a las necesidades de cada caso individual. No tiene sentido conceder los mismos tiempos de recuperación a deportistas con capacidades de recuperación diferentes; la capacidad de recuperación depende

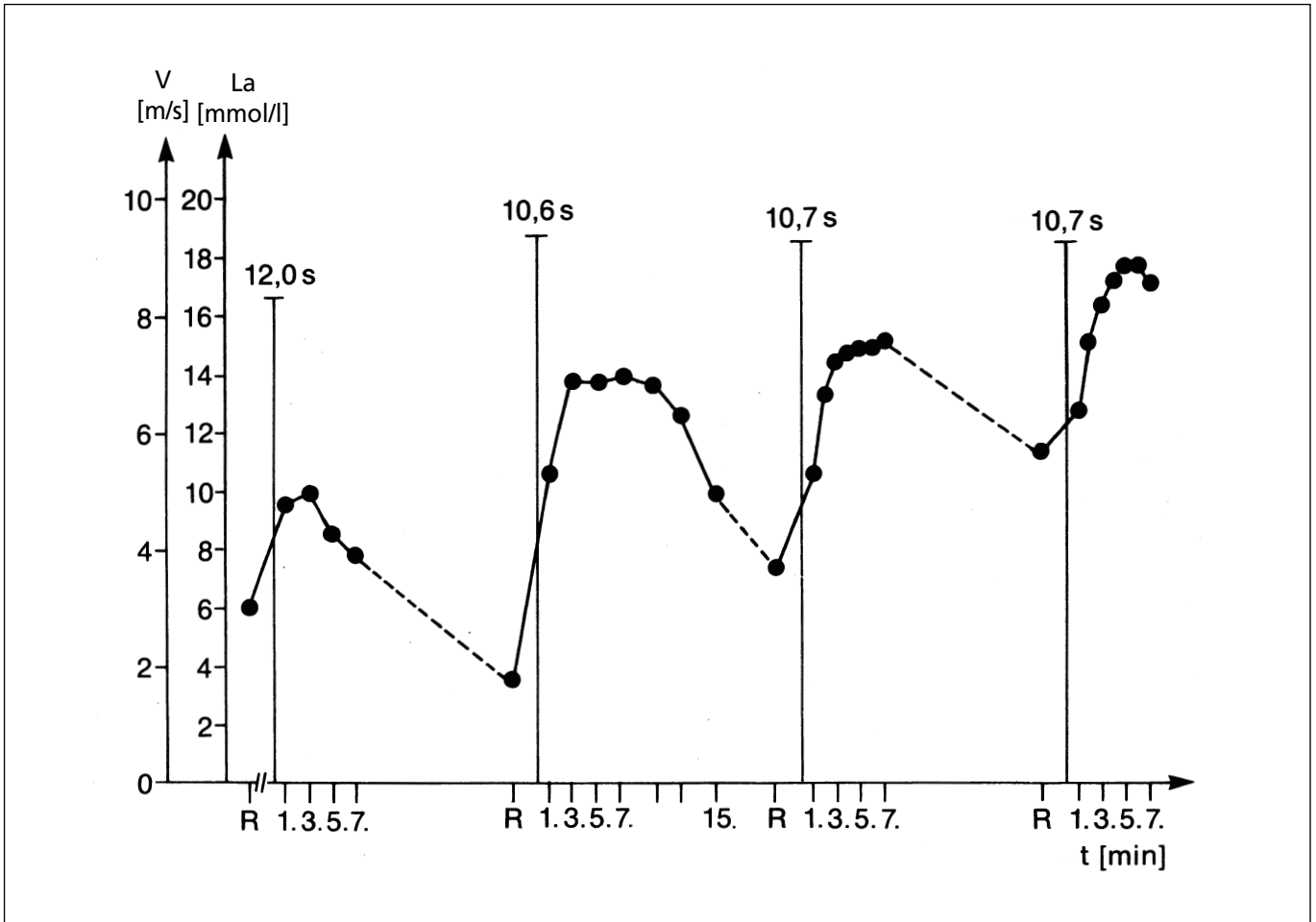


Figura 315. El comportamiento de los valores de lactato arterial después de una o varias carreras de 100 m (1ª carrera con velocidad submáxima). Pausa de recuperación de 20 min entre las carreras (de Mader y cols., citado en Hollmann/Hettinger, 1980, 287). V = velocidad; La = lactato; R = reposo

no sólo de factores individuales, sino también, sobre todo, de la composición de las fibras musculares y de la calidad de la resistencia de base (v. pág. 134): los deportistas mejor entrenados o predispuestos necesitan descansos de recuperación menores, y los menos entrenados, tiempos mayores. En las modalidades de juego conviene clasificar a los deportistas en grupos de rendimiento para el entrenamiento de la velocidad.

Como se puede ver en la figura 315, con varias cargas de esprint máximas se produce una hiperacidosis acumulativa, pese a la aplicación del método de repetición y a la pausa “completa”.

Asimismo, la figura 316 muestra que incluso en sprints muy cortos, de 20 m, se produce una caída progresiva del rendimiento si la pausa es insuficiente.

Finalmente, en la figura 317 se aprecia que con cargas más prolongadas y de diferente intensidad los tiempos de pausa pueden superar considerablemente el tiempo recogido en la regla empírica anteriormente formulada.

Esta figura muestra la caída del lactato en sangre arterial –que corresponde aproximadamente a la que encontramos en sangre venosa (cf. Oyono-Enguelle, 1989, 17)– después de cargas de diferente intensidad. Se puede ver que los valores de lactato de 6-12 mmol/l, como los que aparecen rápidamente en sprints en sucesión demasiado breve (y demasiado largos; fig. 316), necesitan entre 20 y

Se suele aceptar que, si se corren distancias muy cortas (20-30 m), esto es, si desde el punto de vista bioquímico se solicitan solamente los fosfatos ricos en energía (ATP y CP), las pausas de entre 1 y 3 minutos resultan suficientes para la recuperación o la regeneración plena (cf. Pensold y cols., 1973, 110; Wienecke, 1990, 52).
Regla empírica: 1 minuto de descanso por cada 10 metros de carrera.

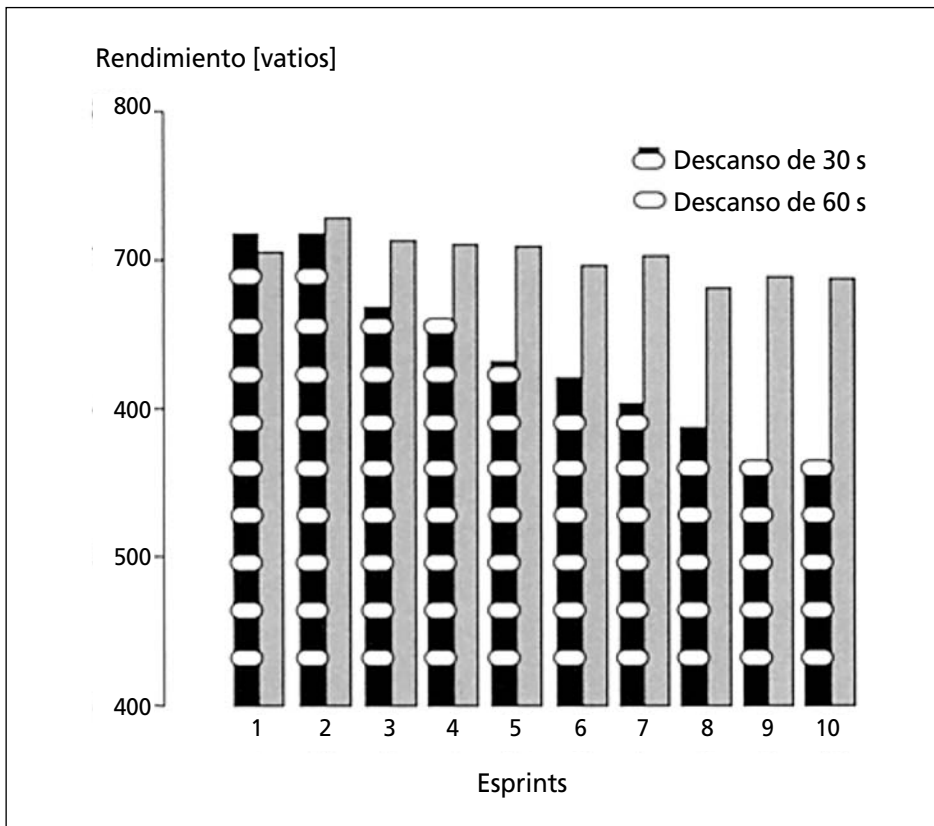


Figura 316. Cambios en el rendimiento de sprint con diferentes duraciones de la pausa (de Holmyard y cols., 1988, 136).

60 min, y a veces más, para descender de nuevo al nivel de partida.

Para el entrenamiento de la velocidad esto significa que el deportista debería intercalar fases de recuperación suficientes entre las diferentes cargas de velocidad, con el fin de evitar un efecto de acumulación del lactato. Incluso después de ejercicios de arranque muy breves, de 15-30 m, conviene plantear una pausa activa, de trote, de 150-300 m (cf. Liesen, 1987).

Las pausas entre cargas repetidas (p. ej., con el método de repetición) deben garantizar una regeneración óptima de la capacidad de rendimiento.

Duración del estímulo

La duración del estímulo –la noción se refiere al tiempo de incidencia de un estímulo aislado o de una serie de estímulos– se debería elegir de forma óptima, esto es, de acuerdo con la capacidad de rendimiento individual.

La *duración* del ejercicio o la longitud del recorrido se debe plantear de modo que al final del ejercicio la velocidad no descienda como consecuencia de la aparición de la fatiga.

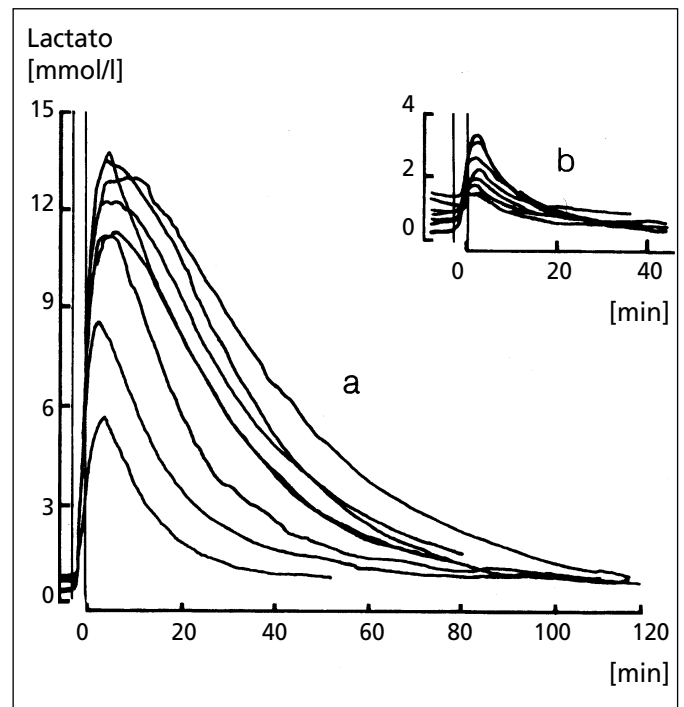


Figura 317. Curvas individuales de la caída del lactato (en sangre arterial) después de la carga, en la fase de recuperación. Curva de la recuperación después de cargas medias y duras (a) y después de cargas ligeras (b) (de Cyono-Enguelle, 1989, 17).

Como norma general, no efectuar entrenamiento de la velocidad en estado de fatiga. Interrumpir el trabajo de la velocidad si hay descenso de la velocidad.

Importante. La práctica repetida de carreras máximas en estado de fatiga o de hiperacidosis conlleva el riesgo de una programación errónea, en el sentido de la consolidación de una barrera de la velocidad (v. apartado siguiente).

La duración óptima del ejercicio, esto es, la longitud de recorrido, se determina en función del objetivo: si se quiere trabajar la capacidad de aceleración, se debe elegir una distancia que corresponda al estado de rendimiento individual del esprinter en este aspecto (unos 25-35 m); por el contrario, si se quiere trabajar el segmento de la velocidad máxima –que se sitúa, según Gundlach (1969, 351), en torno a los 20-45 m–, se tiene que correr más o menos esta distancia después de una *salida lanzada*, y en carreras desde la salida agachada, el tramo de aceleración más el de la velocidad máxima (= 25-35 m + 20-45 m). Finalmente, si el objetivo del entrenamiento es el trabajo de la resistencia de la velocidad, debemos elegir distancias consecuentemente más largas (v. pág. 401).

Todo entrenamiento de la velocidad tiene que efectuarse en un estado de calentamiento óptimo.

Volumen del estímulo

El volumen del estímulo –nos referimos a la duración y el número de los estímulos por cada sesión de entrenamiento– se orienta, al igual que los parámetros precedentes, en función de las facultades de rendimiento del deportista: para un esprinter no debería superar, como norma general, un número de repeticiones de entre cinco y diez, y en los deportistas de elite, un número de entre tres y cinco series de tres repeticiones cada una (20-30 m por cada repetición) en cada sesión de entrenamiento.

Entre las carreras resulta suficiente una pausa de recuperación de entre 1 y 3 minutos (v. *supra*), y después de una serie se debería ubicar una pausa (activa) más prolongada, de unos 10 minutos, pues de no ser así podemos crear una intensa fatiga al deportista, debida al efecto acumulativo ya mencionado.

Frecuencia de entrenamiento

La frecuencia de entrenamiento –con este término aludimos al número de sesiones de entrenamiento por día o por semana– desempeña asimismo un papel importante para el desarrollo de la velocidad.

El esprinter sólo debería efectuar, como ya hemos mencionado, un entrenamiento complejo de la velocidad con carga máxima una vez por semana. Lo mismo vale para un entrenamiento de la resistencia de la velocidad. Para planes de entrenamiento detallados, ver página 400.

Por el contrario, ciertos aspectos parciales del entrenamiento de la velocidad deberían incorporarse de cualquier forma al plan de entrenamiento diario.

Organización de los componentes de la carga (con ayuda de mediciones de lactato y de amoníaco)

Como hemos expuesto anteriormente, la organización del entrenamiento condiciona la gestión de los objetivos de entrenamiento, la planificación, la realización y los factores del entrenamiento, así como el rendimiento de competición (cf. Carl, 1983).

De entre las múltiples posibilidades de organización mencionaremos en este punto sólo dos ejemplos sobre la organización de los siguientes componentes de la carga: volumen/densidad del estímulo e intensidad del estímulo.

Para el ámbito del esprint interesan sobre todo, dentro de cada sesión, procedimientos bioquímicos que objetiven los efectos del entrenamiento sobre el organismo y garanticen un nivel óptimo en la intensidad de la carga y en la configuración de las pausas.

Como procedimientos especialmente útiles para la configuración del entrenamiento nos interesan aquí los análisis del lactato y del amoníaco.

• Análisis del lactato

Como ya hemos expuesto (v. pág. 407, cf. fig. 317), en el entrenamiento del esprint puede producirse, por un número excesivo de repeticiones o de series (v. pág. 328), o por distancias demasiado largas y pausas insuficientes, una fatiga acumulativa (v. tabla 57) que merma la eficacia del entrenamiento.

Con una carga de esprint de cinco repeticiones en una distancia de sólo 30 m –opción elegida a menudo en las modalidades de juego–, aun con una pausa de 3 minutos, relativamente larga y suficiente en condiciones normales, los deportistas de escasa “capacidad de rendimiento aláctico” presentan valores de lactato posteriores a la carga de 12 mmol/l (cf. fig. 317). Si pensamos que con valores de lactato de 6-8 mmol/l se observan ya restricciones en la capacidad de rendimiento coordinativo, la eficacia de este tipo de entrenamiento de la velocidad merece a nuestro entender un juicio como mínimo crítico.

Nivel de lactato [mmol]		
Después de la serie 1	5,0	± 1,4
Después de la serie 2	6,8	± 1,8
Después de la serie 3	7,8	± 2,1
Después de la serie 4	8,4	± 1,9
Después de la serie 5	8,9	± 1,5
Después de la serie 6	9,7	± 2,3

Tabla 57. Valores de lactato medios en seis series, cada una de tres esprints de 20 m (de Tumilty y cols., 1988, 83)

La medición del lactato permite un registro suficientemente preciso del “estado de carga y de fatiga” del deportista, y nos ofrece una serie de datos sobre posibles cambios necesarios en cualquier régimen de entrenamiento (descansos más largos, menos repeticiones, y similares).

Las mediciones de la frecuencia cardíaca no son adecuadas para la estimación de la carga en el esprint, porque después de las cargas breves típicas del esprint la frecuencia cardíaca desciende rápidamente a valores anteriores a la carga, a pesar de la fatiga acumulativa y del ascenso del lactato.

Como se puede ver en la figura 318, al interpretar los valores registrados de lactato en sangre se debe prestar

atención a la diferente cinética del lactato en la sangre y del lactato en el músculo. Además, el momento de la extracción de sangre puede influir significativamente sobre el resultado y sobre su valoración, pues el lactato no alcanza su nivel máximo en sangre hasta pasados 3 minutos más o menos después de la carga.

• Mediciones del amoniaco

Como muestra la figura 319, el análisis del amoniaco aporta indicios importantes para valorar la intensidad de carrera correcta a través de una información indirecta: el metabolismo de fosfatos ricos en energía.

Los estudios de Schlicht y cols. (1990, 85) muestran que la valoración de la carga individual en carreras de hasta 400 m no se refleja de forma suficientemente detallada con mediciones del lactato. Sólo la medición del amoniaco en la sangre refleja el grado en que el entrenamiento carga las fibras IIB, de contracción rápida y decisivas para el esprint.

El amoniaco, como producto de degradación del ciclo del nucleótido de purina (CNP), aparece con cargas submáximas o máximas y es un indicador fiable de la intensidad. Mientras que el lactato asciende ya con intensidades medias (v. fig. 319), el amoniaco (que aparece con un trabajo máximo del CNP, a partir del AMP formado en la degradación del ATP, que se hidroliza dando lugar al IMP y se transforma finalmente en amoniaco mediante desaminación) no muestra un ascenso significativo hasta llegar a intensidades del 87,5 % de la velocidad máxima individual.

Vemos que el amoniaco –al contrario que el lactato– confirma de manera detallada si la sollicitación de las fibras

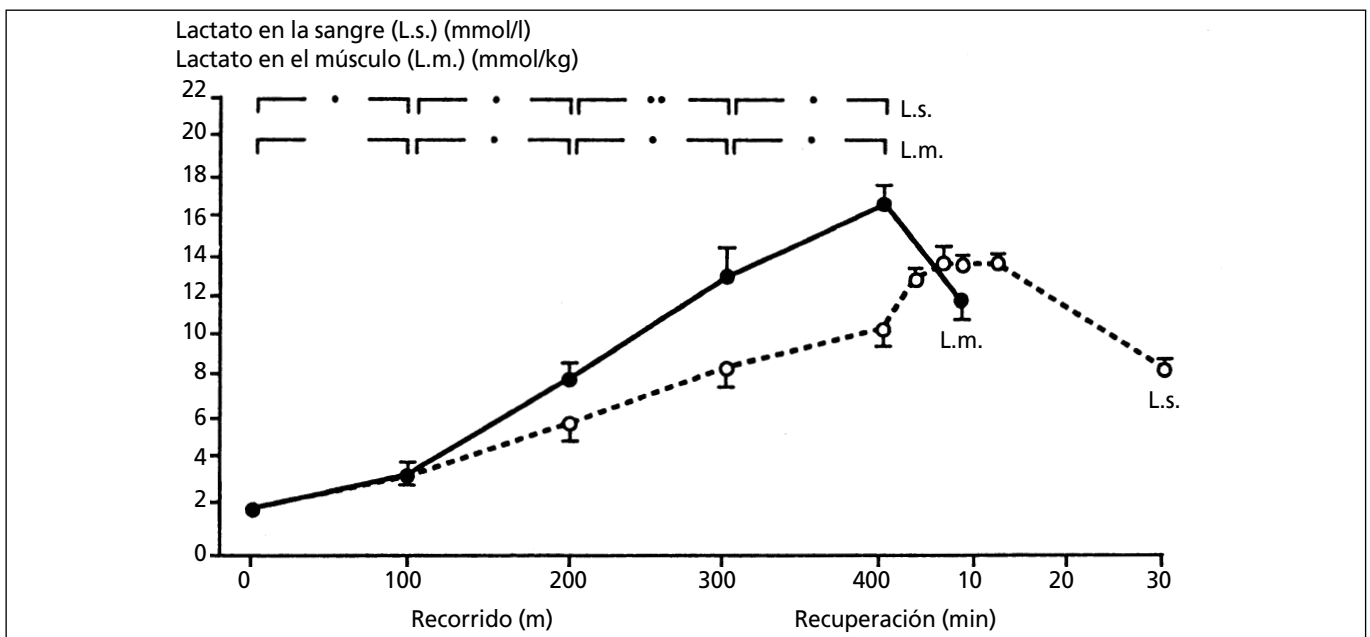


Figura 318. Variaciones del lactato en sangre y en el músculo en las diferentes distancias de carrera y después de la recuperación posterior al esprint de 400 m (media y desviaciones típicas) (modificado de Hirvonen y cols., 1992, 142).

IIb, decisivas para el entrenamiento de la velocidad, ha sido suficiente.

Ambos procedimientos se complementan, prestando así un valioso servicio en el sentido de la optimización del entrenamiento.

El problema de la barrera de la velocidad

El problema de la barrera de la velocidad (estabilización de la velocidad de movimientos) lo interpretó Osolin (1970, 979) en el sentido de que el proceso del entrenamiento no plantea exigencias nuevas y mayores al organismo del deportista, a sus cualidades físicas y mentales. En su opinión, la utilización prolongada de los mismos contenidos, métodos y cargas produce, a través del mecanismo de la habituación, un *estereotipo motor* que dificulta el posterior desarrollo de la (velocidad) o incluso lo imposibilita (cf. Zischke, 1976, 249). De forma algo más detallada, Grosser (1976, 53) llega a un resultado comparable cuando sostiene que toda repetición de una carrera provoca un cambio minúsculo en las vías de transmisión del estímulo hacia las estructuras del sistema nervioso central, cambio que origina finalmente una facilitación selectiva de los modelos de inervación decisivos para el movimiento de carrera. Así se llega a la automatización del movimiento, al llamado estereotipo dinámico.

Este objetivo, deseado por una parte –el movimiento está regulado de forma óptima–, implica en la práctica que

la repetición constante de un movimiento, en la misma velocidad, fija las características espaciales y temporales, interrumpiendo los progresos y produciendo una *estagnación* del desarrollo de la velocidad, y por tanto una *barrera de la velocidad*.

El volumen extremadamente escaso capaz de modificar la calidad de los procesos neuromusculares de regulación y conducción, esto es, de consolidar los programas temporales elementales, varias veces mencionados (v. pág. 368), y la marcada estabilidad, igualmente demostrada, de una cualidad una vez asentada –un cambio después de la pubertad apenas parece posible (v. pág. 424)–, subrayan la necesidad de prestar mayor atención a estos procesos en el desarrollo de la velocidad, sobre todo desde el punto de vista de un trabajo multilateral en el ámbito juvenil, orientado selectivamente hacia el futuro (cf. Bauersfeld/Voss, 1992, 57).

La aparición de una barrera de la velocidad se ha explicado también en varias ocasiones por la especialización precoz y la práctica frecuente de ejercicios de velocidad unilaterales (cf. Tschiene, 1976, 495; Tabachnik, 1991, 51; Lehmann, 1993, 4).

Una barrera de velocidad de este tipo sólo se puede impedir –circunstancia relevante para el entrenamiento juvenil– si se impide la consolidación demasiado temprana de un estereotipo dinámico mediante estímulos de entrenamiento siempre nuevos. Así pues, toda repetición múltiple de esfuerzos máximos conlleva el riesgo de consolidar un estereotipo motor de este tipo.

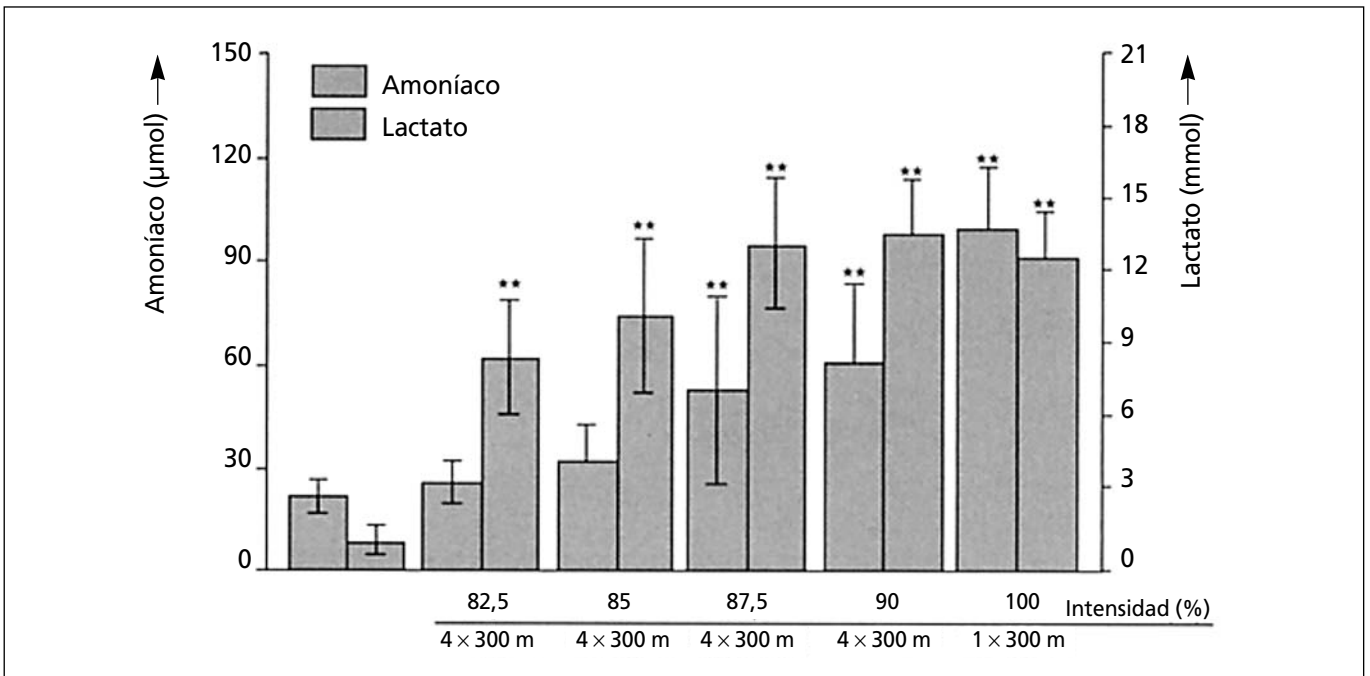


Figura 319. Niveles de amoníaco y lactato antes y después de diferentes cargas de entrenamiento (de Schlicht y cols., 1990, 87).

Cuanto más carreras a velocidad máxima efectúa el atleta en el entrenamiento, antes se encontrará con el fenómeno de la “barrera de la velocidad” (cf. Tachnik, 1993, 24).

Zaciorski (1972, 61) ya señaló hace tiempo que los corredores de la elite mundial del esprint corren en muy pocas ocasiones con carga máxima (una vez a la semana aprox.) y que la parte principal de su sesión de trabajo consiste en la preparación de la fuerza rápida: ejercicios específicos, entrenamiento con pesos añadidos, saltos múltiples, carreras a velocidad relativamente escasa.

Martin (1977, 114) considera oportuno distribuir el “ejercicio tomado como objetivo” en intervalos de tiempo y practicar en lugar de éste otros ejercicios específicos.

Si, pese a todo, aparece una *barrera de la velocidad*, tendremos que superarla utilizando métodos y contenidos que permitan al deportista no sólo sobrepasar la velocidad máxima, sino también mantenerla en el nivel nuevo mediante numerosas repeticiones. Para ello disponemos en principio de todos los ejercicios capaces de aumentar la velocidad de movimiento. Así pues, un aspecto central de un entrenamiento de este tipo sería el ejercicio en condiciones facilitadas y variadas.

Método de las condiciones facilitadas

Refiriéndonos al entrenamiento de la carrera en condiciones facilitadas –condiciones que permiten velocidades mayores que la velocidad de carrera máxima voluntaria–, hablamos también de “entrenamiento de apoyo al corredor” (cf. Leierer, 1979, 105) y de “entrenamiento supramáximo” (cf. Viitasalo/Hirvonen/Mero, 1982, 185).

Importante. Las condiciones de la facilitación sólo deben aumentarse hasta el punto en el que resulte posible que el ejercicio pueda ser ejecutado en condiciones normales (cf. Voss, 1985, 78, y 1991, 47; Gundlach, 1987, 62; Behrend, 1988, 55).

Fischer (1990, 21) ha podido mostrar que un límite de frecuencia motora-periférica sólo se puede superar con un “entrenamiento cíclico” específico (con ejercicios en poco espacio, de amplitudes de movimiento reducidas, tal como ocurre, p. ej., en el *foot tapping*); las diferentes condiciones de la fuerza, por sí solas, son incapaces de hacerlo. No obstante, este autor (1990, 22) ha constatado que las mejoras conseguidas en las estructuras temporales cíclicas y acíclicas después de un plazo de entre 4 y 6 semanas con un entrenamiento variado, fundamentalmente no específico del

esprint, no se pueden dirigir en un primer momento hacia nuevos cambios. Señala Fischer que el asentamiento selectivo de estructuras temporales cortas es más difícil de conseguir y de mantener mediante carreras de esprint, y que sólo la práctica masiva de carreras de aceleración muy cortas produce un reflejo en las condiciones de la velocidad acíclica (tiempo de apoyo, frecuencia de paso). En cambio, el aumento del volumen con carreras de aceleración más prolongadas o la práctica de carreras “lanzadas” no producen acortamiento alguno de las características estructurales de la zancada, pese al aumento de la velocidad de carrera.

La causa de que un entrenamiento supramáximo produzca mejoras en la velocidad de carrera radica en un incremento de la función del sistema neuromuscular (en el sentido de la formación de un programa temporal más rápido), en un mejor aprovechamiento del estiramiento muscular previo y en una mejora de la técnica de carrera (cf. Viitasalo/Hirvonen/Mero, 1982, 188).

Atención. Las velocidades supramáximas plantean grandes exigencias a la musculatura de las extremidades inferiores y conllevan, pues, un riesgo de lesión mayor que las carreras con velocidades voluntarias. Por este motivo un calentamiento intensivo resulta imprescindible antes de iniciar un entrenamiento de este tipo (cf. también Bosen, 1979, 2382; Viitasalo/Hirvonen/Mero, 1982, 188).

La utilización de formas de entrenamiento con velocidades de desplazamiento o acción elevadas debería ir precedida, según Osolin (1970, 980), de una preparación corporal especial, orientada hacia el fortalecimiento de la musculatura, la mejora de las articulaciones y el incremento de la resistencia específica de la modalidad.

Como *contenidos de entrenamiento* para la mejora de la *velocidad cíclica* se utilizan carreras cuesta abajo, carreras con el viento de espaldas, cinta rodante y dispositivos de arrastre (cf. Bosen, 1978, 2382; Dintiman, 1978, 23; Leierer, 1979, 105; Tansley, 1980, 2473; Viitasalo/Hirvonen/Mero, 1982, 185).

Carreras cuesta abajo

Para el aumento de la velocidad de acción o desplazamiento, la carrera en un plano inclinado de 3° como máximo ha demostrado un alto grado de eficacia.

Una inclinación más pronunciada no sería conveniente, pues en este caso se trabajarían programas motores no utilizables en condiciones normales (cf. Romanova, 1990, 100).

Carreras de arrastre

Realización. Dos corredores se atan entre sí con una cuerda elástica de goma larga. El corredor de delante (activo) se separa del de atrás (“arrastrado”) hasta que el estiramiento de la cuerda produce una tensión óptima entre ambos. Entonces arrancan a gran velocidad, casi en el mismo momento, y recorren una distancia apropiada para movimientos de alta frecuencia: la tracción de la goma habilita al corredor de detrás para efectuar un trabajo de frecuencia supramáximo.

Alternativa: tracción con bicicleta o similares.

La utilización de un entrenamiento supramáximo de 3 semanas de duración con ayuda del “arrastre” produjo, en el estudio de Viitasalo/Hirvonen/Mero (1982, 188), mejoras significativas en comparación con el entrenamiento tradicional del esprint. Philipps y cols. (1987, 3218) llegaron a resultados similares en un entrenamiento de arrastre de 5 semanas con jugadores de fútbol (cf. también Lapinski, 1982, 299). En el “entrenamiento de arrastre” que acabamos de describir, con tres sesiones a la semana, cada una con 4-9 carreras rápidas supramáximas, a un promedio de velocidad del 110 % de la velocidad de carrera máxima voluntaria, se consiguió un aumento de la velocidad de acción o desplazamiento y también un incremento significativo en la fuerza explosiva y en la fuerza máxima, en comparación con un grupo de control que seguía un entrenamiento tradicional (cf. Viitasalo/Hirvonen/Mero 1982, 186).

Los esprints supramáximos en forma de carreras de arrastre se deberían practicar en el período de competición; en él la velocidad de arrastre debería superar entre 0,5 y 1 m/s la velocidad máxima del corredor (cf. Lavrienko y cols., 1990, 5).

En el ámbito del ciclismo, las velocidades de pedaleo supramáximas se consiguen también con el ergómetro de motor.

Para mejorar la *velocidad acíclica* se recomienda igualmente el uso de cuerdas elásticas de goma o látex o cuerdas expansoras que faciliten el salto, tal como ocurre en el caso del arnés elástico.

Éste consta de un sistema ligero de correas con muelles expansores, que el deportista se coloca. La cuerda de goma se fija a un aro de baloncesto (en el polideportivo) o a una rama de árbol (entrenamiento al aire libre).

El objetivo de esta estructura es la descarga de peso del deportista, que puede así utilizar sus condiciones de fuerza con mayor eficacia para un despegue más rápido (programa motor corto; cf. Voss, 1991, 47). Los saltos en condiciones de descarga permiten en general tiempos de apoyo más breves que en condiciones normales: en un escolar de 12 años se registró un tiempo de apoyo de 123 ms

en el salto pliométrico, un resultado que se obtiene raras veces incluso en categorías de edad superiores (cf. Fischer, 1990, 21).

Como muestran los estudios de Voss (1991, 47), en las circunstancias dadas no todos los deportistas consiguen tiempos de apoyo en el programa temporal corto. Sólo el 30 % aproximadamente consiguen pasar del programa temporal largo al corto (cf. Voss, 1991, 47).

La explicación de este fenómeno tiene que ver aparentemente con el carácter poco selectivo (específico de la disciplina) de las facilitaciones, que se deberían enfocar con más claridad hacia los programas tomados como objetivo (con ayuda de los llamados “métodos obligados”, como, p. ej., el mencionado apoyo de la motocicleta para los ciclistas) (cf. Schäbitz/Jödicke, 1987; Voss, 1991, 48).

Para el desarrollo de programas temporales cortos en salto pliométrico, en condiciones de descarga de peso (utilizando un arnés elástico), Voss propone el siguiente programa a los deportistas con programa temporal largo:

- Mayor número de horas al año de entrenamiento en condiciones de descarga de peso, por ejemplo, un ciclo concentrado en otoño o después de las vacaciones de invierno (6 semanas), una vez en mayo (entre 2 y 3 semanas).
- Entre 150 y 300 saltos en 6 semanas.
- Descarga de entre 150 y 200 N (en la posición de flexión más profunda en salto pliométrico).
- Altura de caída entre 35 y 40 cm.
- Planificar el entrenamiento del salto con descarga de peso corporal (entrenamiento de la velocidad acíclica) como componente autónomo de la sesión de trabajo, para asegurar la máxima concentración posible del deportista sobre este punto.
- Dos sesiones de entrenamiento por semana con dos o tres series cada una.
- Garantizar una fase de recuperación después de 3 ó 4 semanas de entrenamiento.
- Entre 12 y 14 saltos por sesión de entrenamiento.
- El programa tomado como objetivo (tiempo de apoyo por debajo de 170 ms) se debería alcanzar en la mitad de los intentos, como mínimo.
- Descanso entre las series de entre 5 y 10 minutos.

Método de las condiciones variadas

Para evitar la formación de una barrera de la velocidad se tiene que entrenar con velocidades supramáximas y en condiciones facilitadas, pero también con estímulos de carga lo más variados posible.

El método variable (v. también pág. 281) recomienda la utilización alternante de condiciones facilitadas, dificultadas y normales. Este contraste lleva al sistema neuromus-

cular a una situación de desequilibrio e impide la fijación excesiva de los programas motores (cf. Zaciorski, 1972, 61; Lehmann, 1993, 4).

La práctica del esprint alternando las condiciones dificultadas (carreras contra resistencia de tracción) con las facilitadas (entrenamiento de arrastre) permite, según Lavrienko y cols., (1990, 3), incrementar la intensidad del entrenamiento de la velocidad y mejorar la fuerza específica.

Atención. Los ejercicios practicados deben ejecutarse con intensidad máxima también en condiciones variadas (cf. Tabachnik, 1992, 24; Lehmann, 1993, 51).

Sobre los contenidos, ver página 400.

Sobre el problema de la *barrera de la velocidad* podemos decir, como resumen, que la formación de un estereotipo motor dinámico se puede impedir mediante contenidos de entrenamiento especiales y multilaterales, introduciendo variaciones en su combinación, facilitando las condiciones (posibilidad de aumentar la velocidad del movimiento) y dificultándolas (relajación o desequilibrio del estereotipo). En este sentido conviene respetar la siguiente sucesión:

1. Fortalecimiento inicial de los grupos musculares afectados.
2. Utilización de condiciones facilitadas que permitan una mayor velocidad del movimiento.
3. Estabilización de los movimientos más rápidos (entre 3 y 4 meses de duración) mediante su práctica en cada sesión de entrenamiento.

Tests y formas de control de la velocidad como herramienta para la selección de talentos, el diagnóstico del rendimiento y la organización del entrenamiento

Fundamentos generales

Como cualquier otro componente de la capacidad de rendimiento deportivo global, la velocidad necesita una revisión periódica que tiene lugar en forma de tests generales y específicos en momentos dados. Para efectuar el control se debería incluir en el esquema de trabajo un test de velocidad cada 4 a 6 semanas. Estos tests deben facilitar al deportista poder comprobar su nivel de rendimiento en el momento. Las debilidades individuales se pueden superar a continuación, de forma selectiva, mediante un entrenamiento específico.

Problemática de la constatación precoz de la aptitud

Lehmann (1990, 9/10) señala con razón la conveniencia de manejar con prudencia los dictámenes de aptitud del tipo “este chico es un talento para el esprint”: En el test de 30 m lanzados, a menudo utilizado en la edad juvenil, se puede comprobar que la mayoría de los corredores de elite actuales y antiguos presentaban entre las edades de 13 y 15 años un nivel de rendimiento entre normal y bueno, y sólo en unos pocos casos era excepcional. Por ejemplo, Carl Lewis no hubiera tenido a los 15 años oportunidad de ubicarse entre los mejores esprinters de la actual lista de los mejores alemanes.

Existen muchos corredores de elite que no pudieron aumentar de forma significativa su velocidad de carrera hasta una edad tardía (cf. fig. 320).

Según Lehmann (1993, 11), el protagonismo de la velocidad de carrera, en forma de carreras de aceleración y lanzadas, plantea un serio problema en nuestros días; en efecto, la velocidad es la magnitud tomada como objetivo, el contenido de entrenamiento, el rendimiento de competición y el criterio de aptitud durante casi toda la etapa de consolidación de los rendimientos de elite en el esprint.

Sin embargo, como muestran los estudios de este autor (1993, 4), el rendimiento de velocidad entre los 13 y los 15 años de edad se explica más por unas mejores condiciones de fuerza y por un desarrollo biológico acelerado que por un nivel alto de las condiciones elementales de la velocidad (cíclica y acíclica), aunque esta etapa sería especialmente favorable para influir en este sentido.

Así pues, el “talento”, esto es, la aptitud para el esprint, no se debería dictaminar sólo mediante rendimientos de carrera complejos, sino de forma detallada, complementada por tests sencillos para el registro de las condiciones elementales de la velocidad.

Tests para el registro de las condiciones elementales de la velocidad cíclica y acíclica

Lehmann (1993, 13) describe de la siguiente manera el *foot tapping* y el cálculo del tiempo de contacto en el salto pliométrico.

Foot tapping

Para el registro de la velocidad cíclica como requisito neuronal de las velocidades de desplazamiento elevadas necesitamos minimizar la influencia de la amplitud del movimiento. Esto se puede conseguir con una sucesión de zapateados a velocidad máxima. Se trata de efectuar zapateados (*tapping*) con la mano o con el pie sobre una

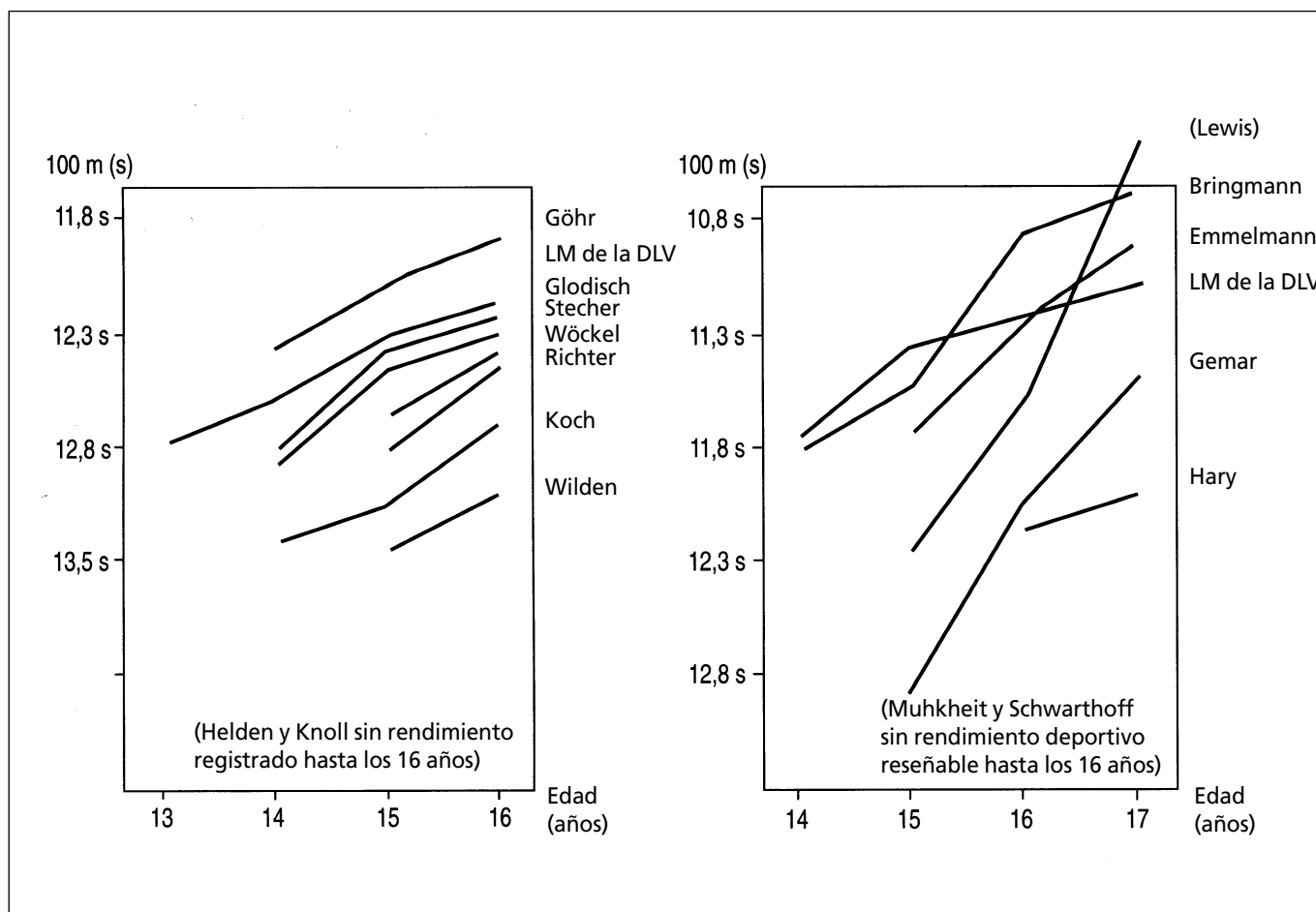


Figura 320. Comparación de los medios de rendimiento (a) de los diez mejores atletas de ambos sexos entre 13 y 16 años y (b) de los diez mejores esprinters entre 14 y 17 años de la DLV (Federación Alemana de Atletismo, 1989-92) con el desarrollo individual de los futuros atletas de elite (75/100 m; los tiempos de los 75 m se convirtieron en tiempos de los 100 m basándose en las curvas de velocidad específicas de la edad) (modificado de Lehmann, 1993, 10).

superficie, sin gran amplitud de movimiento y tan rápidamente como sea posible. La magnitud decisiva es el número máximo de movimientos de zapateado por unidad de tiempo. Los resultados de varios estudios han puesto de relieve que, desde el punto de vista específico de la carrera, los zapateados con el pie (*foot tapping*) tienen más importancia que los zapateados con la mano, y que el *tapping* alternando entre ambos lados tiene más valor informativo que el efectuado en un solo lado.

En el *foot tapping*, las frecuencias que se consideran idóneas para el rendimiento futuro se sitúan por encima de los 12 Hz (contactos por segundo).

Salto pliométrico

Para evaluar la calidad de los programas motores que sirven de base a estos movimientos rápidos, el tiempo de apoyo (para movimientos acíclicos de las extremidades inferiores) en un salto pliométrico sencillo se considera expresión de la velocidad acíclica. Se efectúa un salto en profundidad desde unos 20 cm de altura sobre una superficie de contacto, con un movimiento de despegue limpio e inmediato.

En el salto pliométrico los tiempos de contacto inferiores a los 170 ms se consideran idóneos para el rendimiento futuro.

Como ya hemos expuesto (v. pág. 369), estos tests permiten una valoración bastante buena de parámetros esenciales y básicos de la velocidad.

Tests para el cálculo de las condiciones complejas de la velocidad

- Pruebas para el cálculo de la fuerza rápida/fuerza máxima (v. pág. 284 s.).
- Saltos sencillos y múltiples, horizontales y verticales, con ambas piernas, medidos por la extensión.
- Lo mismo, medidos por el tiempo (p. ej., en un tramo de 30 m).
- Salidas de todo tipo.
- Mediciones de fuerza en los correspondientes aparatos de test (v. pág. 286).

Un aparato de gran especificidad para determinar los niveles de fuerza rápida y de fuerza máxima, componentes ambos decisivos para la velocidad, es el *aparato de entrenamiento desmodrómico*. El cálculo de la *curva de la fuerza rápida* permite extraer conclusiones detalladas acerca de estas capacidades de la velocidad, decisivas para el rendimiento.

Tests para el cálculo de la velocidad de salida, de la velocidad de acción o desplazamiento y de la resistencia de la velocidad

Para obtener información sobre la curva de la velocidad a lo largo del recorrido se ha impuesto el uso de células fotoeléctricas y de superficies de contacto. El registro del tiempo de carrera en los diferentes segmentos del recorrido, en el transcurso del proceso de entrenamiento anual, permite en determinadas circunstancias detectar a su debido tiempo debilidades parciales (capacidad de aceleración insuficiente, resistencia de la velocidad insatisfactoria, etc.) y eliminarlas con un entrenamiento corrector específico.

- Salidas con recorrido de 10, 20, 30 y 40 m (velocidad de salida).
- Carreras lanzadas en 10-30 m (velocidad de acción o desplazamiento).
- Carreras en distancias superiores midiendo el tiempo.

La división a largo plazo del proceso de entrenamiento de la velocidad

Para el trabajo de la velocidad, el proceso de entrenamiento a largo plazo incluye las fases de entrenamiento de base, de profundización y de alto rendimiento.

El *entrenamiento de base* comprende el período entre los 7/8 y los 14/15 años.

Se puede subdividir en una fase de formación básica general (entre los 7/8 y los 11/12 años) y en una fase de especialización y profundización (entre los 11/12 aproximadamente y los 14/15 años) (v. pág. 58).

En el entrenamiento de base, el trabajo se debería centrar en los programas motores neuromusculares elementales (cf. Voss, 1991; Bauersfeld/Voss, 1992; Lehmann, 1993).

En el deporte de alto rendimiento, tanto en el proceso de entrenamiento a largo plazo como en el ciclo estacional, se trata sobre todo de asegurar un volumen de carga creciente y de incrementar de forma sistemática el desarrollo de la intensidad y la distancia; en cambio, la tarea principal del entrenamiento de base es asegurar un trabajo multilateral y general al comienzo de la consolidación del entrenamiento, y mantener un trabajo amplio y específico de los diferentes bloques (cf. Fischer, 1990, 20).

El *entrenamiento de profundización* sucede al de base, se fundamenta en él y abarca una primera fase entre los 14/15 y los 17/18 años y una segunda entre los 16/17 y los 18 años (cf. Lehmann, 1993; Weineck, 1993, 31) (v. pág. 55).

En esta segunda etapa –esto es, al inicio del entrenamiento de profundización– el trabajo se completa con la transformación de los programas motores elementales en ejercicios de entrenamiento específicos y en el ejercicio de competición.

Finalmente, el *entrenamiento de alto rendimiento* sucede al de profundización y desarrolla el rendimiento máximo con todos los métodos, contenidos y herramientas disponibles, y con los correspondientes aumentos de volumen e intensidad.

El objetivo principal de este último período es el desarrollo selectivo, hasta un grado óptimo, de las condiciones especiales del rendimiento, como, por ejemplo, la fuerza específica, sin descuidar los programas motores elementales (cf. Voss, 1990, 22).

Importante. La práctica selectiva y precoz de contenidos de un nivel superior da lugar a efectos negativos en la consolidación del rendimiento a largo plazo (Bauersfeld/Voss, 1992, 79).

Periodización del entrenamiento de la velocidad

En las disciplinas de velocidad y de fuerza rápida el esquema más generalizado es el de la periodización doble en el ámbito del alto rendimiento, en forma de una temporada en pista cubierta y otra al aire libre. Esta periodización permite intensificar el entrenamiento y produce un au-

mento más rápido del rendimiento (cf. Jonath, 1974, 909 s.; Tschiene, 1974, 1017 s.; Stein, 1993, 9).

En el marco de una periodización doble, para los esprinters de elite, Stein (1993, 9) divide el año en ocho macrociclos, cada uno de entre 4 y 8 semanas, con tareas específicas planteadas en ellos.

La 1ª pretemporada abarca tres macrociclos (períodos de consolidación) de 6 semanas cada uno:

- consolidación del entrenamiento general y básico,
- consolidación del entrenamiento general y específico de la disciplina,
- consolidación del entrenamiento específico.

Los contenidos del “entrenamiento general y básico” deberían ser, según Stein (1993, 34):

- Al principio del macrociclo, entrenamiento de la velocidad una vez a la semana.
- Las intensidades se mueven exclusivamente en el ámbito submáximo (90 % y ligeramente por debajo).
- Las carreras de velocidad submáxima sirven aquí de herramientas para preparar intensidades de velocidad máximas.
- En este período las herramientas de entrenamiento sirven para trabajar las técnicas de esprint y de relajación.
- Con intensidades submáximas, la mejora de la capacidad funcional del sistema nervioso central se debe, en comparación con las carreras máximas, menos a la frecuencia que al rendimiento coordinativo.

Principales herramientas de entrenamiento:

- carreras de velocidad creciente,
- carreras con variación de la velocidad de hasta 80 m,
- entre tres y cinco repeticiones.

Los contenidos del “entrenamiento general y específico de la disciplina” deberían ser, según Stein (1993, 34):

- transición al ritmo de dos veces entrenamiento de la velocidad a la semana,
- integración óptima de las dos sesiones de velocidad en la planificación semanal,
- mayor volumen de carreras submáximas y menor porcentaje de carreras de velocidad máximas,
- el objetivo de las carreras de velocidad máximas consiste en el aumento de la amplitud y la frecuencia de la zancada con una buena técnica de carrera.

Principales herramientas de entrenamiento:

- carreras de aceleración de 80-100 m,
- carreras de competición a velocidad constante de 80-100 m,

- carreras lanzadas de 20-30 m,
- carreras de velocidad constante desde la posición de salida en alto, hasta 80 m,

Para mejorar la velocidad de carrera en el segmento de velocidad máxima, la única carga eficaz es el recorrido de la distancia máxima.

Ejemplo de sesión de entrenamiento:

- 2 carreras de aceleración, submáximas,
- 1 carrera de aceleración, máxima,
- 3 × 30 m salida en alto, submáximas,
- 2 × 60 m salida en alto, submáximas,
- 2 × 3 × 30 m, “lanzadas”, submáximas (de ellas dos máximas).

Los contenidos de la “consolidación del entrenamiento específico” deberían ser, según Stein (1993, 34):

- desarrollo pronunciado de la velocidad máxima,
- nuevo aumento de las intensidades,
- descenso del número de carreras submáximas,
- las carreras submáximas sirven sólo para preparar las intensidades máximas en el entrenamiento.

Herramientas de entrenamiento:

- carreras de aceleración máximas,
- carreras de velocidad constante desde la salida en alto o agachada,
- carreras lanzadas,
- carreras de relevos máximas.

Ejemplo de sesión de entrenamiento:

- 1 carrera de aceleración, submáxima,
- 2 carreras de aceleración, máximas,
- 1 × 30 m, salida en alto, submáxima,
- 1 × 30 m, salida en alto, máxima,
- 1 × 60 m, salida en alto, submáxima,
- 1 × 60 m, salida en alto, máxima,
- 4 × 30 m, “lanzadas”, máximas,
- 1 × 80 m, salida en alto, J1 (por encima del 95 % del mejor rendimiento del año anterior).

Como ocurría en el entrenamiento de la fuerza (v. pág. 321), en el ámbito de la velocidad se puede observar también una división en tres fases, con un incremento progresivo de la carga.

Para el 1º período de competición (temporada en pista cubierta), que abarca 3 a 4 semanas, Stein (1993, 34) recomienda:

- representación gráfica del nivel de rendimiento adquirido en competiciones,
- configuración óptima de la carga de competición y entrenamiento para mantener el rendimiento,
- entrenamiento de la velocidad una vez a la semana, asociado con la aceleración y la resistencia de la velocidad,
- intensidades de entrenamiento del 95-98 %, no se exigen intensidades de competición.

Importante. Los rendimientos de esprint máximos no se deberían conseguir en el entrenamiento, sino en la competición. Se trata de evitar la formación de “campeones mundiales de entrenamiento”.

Herramientas de entrenamiento:

- carreras de velocidad constante desde la salida en alto y agachada,
- carreras “lanzadas”,
- carreras de relevos.

Ejemplo de sesión de entrenamiento:

- 1 carrera de aceleración, submáxima,
- 2 carreras de aceleración, máximas,
- 1 × 30 m, salida en alto, submáxima,
- 2 × 30 m, salida en alto, máximas,
- 2 × 60 m, salida en alto, submáximas,
- 2 × 80 m, salida en alto, J1 (98 %),
- 2 × 120 m, salida en alto, J2 (90-95 %).

Siguen la 2ª pretemporada y el 2º período de competición (unas 6 semanas), que en principio se corresponde con el período de consolidación del primer ciclo.

Importante. La duración de los períodos de pretemporada y de competición debería establecerse de modo que permitan un desarrollo suficiente –con la ayuda de herramientas generales y específicas– de las cualidades necesarias propias de cada disciplina y de los fundamentos físicos, técnico-deportivos y psíquicos.

Como norma general, demasiadas competiciones en diferentes niveles producen un acortamiento de las fases de entrenamiento, una relación descompensada entre carga de entrenamiento y carga de competición, unas exigencias excesivas y un desarrollo del rendimiento deportivo que no se ajusta a los objetivos planteados (Stein, 1993, 10).

Indicaciones metodológicas sobre el entrenamiento de la velocidad

Para optimizar el entrenamiento de la velocidad se deben tener en cuenta las siguientes indicaciones metodológicas (cf. Harre/Hartmann, 1987, 201; Schnabel, 1987, 155; Weineck, 1990, 222 y 1992, 438 s.; Bauerfeld/Voss, 1992, 15 y 84 s.):

- Se debe comenzar con el entrenamiento de la velocidad en un momento temprano de la vida (desde la edad escolar temprana), porque en esta etapa aún se puede influir con relativa facilidad sobre los procesos de regulación neuromusculares, sobre los programas motores y sobre la estructura de las fibras musculares.
- En la consolidación anual y plurianual de los rendimientos deportivos rige el principio de que el entrenamiento elemental de la velocidad precede al complejo. El entrenamiento de la velocidad complejo sólo consigue su efecto cuando el nivel de velocidad elemental se ha consolidado con la calidad requerida en el futuro.
- En principio, el entrenamiento de la velocidad debe practicarse en condiciones óptimas de motivación y de rendimiento. Por ello debe ubicarse al comienzo de la sesión y efectuarse en estado de recuperación.
- Los síntomas de fatiga son señal de que el entrenamiento de la velocidad debe concluir. Si se entrena a menudo la velocidad en estado de fatiga, se puede consolidar un estereotipo motor en un nivel bajo, pues los modelos de coordinación que trabajan en estas condiciones se van consolidando cada vez más. Resultado: menor velocidad de arranque a pesar del duro entrenamiento.
- En el entrenamiento de la velocidad y de la fuerza rápida hemos de buscar una relación correcta entre la carga y la recuperación. Por cada 10 metros de distancia recorrida se debe “presupuestar” un descanso de un minuto aproximadamente.
- El entrenamiento de la velocidad sólo resulta eficaz con una velocidad máxima o supramáxima, esto es, se centra en la intensidad y no en el volumen. En comparación con el entrenamiento de otras formas de trabajo motor, la velocidad no requiere un volumen de carga especialmente elevado, pues el éxito del entrenamiento depende en gran medida de la intensidad de la carga, combinada con un grado máximo de exactitud de la acción y de precisión del movimiento.
- Debido al elevado riesgo de lesión, el entrenamiento de la velocidad o de la fuerza rápida debe ir precedido siempre de un calentamiento intenso y variado. Este

programa debe llevarse a cabo con tanto más rigor e intensidad cuanto más temprano sea por la mañana y cuanto menor sea la temperatura ambiente. En los deportistas de cierta edad, el proceso de calentamiento requiere más tiempo que en los jóvenes. El respeto estricto de la sucesión “calentamiento – estiramiento – carga previa – carga” se considera una garantía de eficacia en la profilaxis de las lesiones.

- Para evitar una barrera del rendimiento en una etapa temprana –el riesgo de estagnación se incrementa precisamente en el ámbito de la velocidad, con la aplicación estereotipada de cargas máximas de características similares–, se debe practicar el entrenamiento de la velocidad de forma variada y amena (variación de métodos, contenidos y herramientas).
- Dentro de una sesión de entrenamiento se debe asegurar una *alternancia frecuente* entre intensidades máximas, supramáximas y submáximas. Junto al *método de repetición*, se recomienda sobre todo utilizar el *método de contraste*.
- En el entrenamiento de la velocidad, la *duración de la carga* no debería superar los 8 o 10 segundos en ejercicios cíclicos. El tiempo idóneo de las acciones de velocidad cíclicas en deportistas jóvenes se sitúa en sólo 6 segundos. Por ello, en el entrenamiento de la velocidad se deberían aprovechar sólo las distancias que se correspondan con estos períodos de tiempo (el tiempo de carga determina la distancia del recorrido).
- Debido a la intensidad máxima del trabajo, en el entrenamiento de la velocidad o de la fuerza rápida sólo se deberían utilizar ejercicios que el deportista domine a la perfección.
- En el entrenamiento de la velocidad debe buscarse la mayor coincidencia posible entre las exigencias de la carga y las estructuras de la capacidad que queremos desarrollar en cada modalidad.
- En el entrenamiento de la velocidad se ha de tener en cuenta la existencia de otros factores que influyen sobre la velocidad, esto es, sobre la capacidad de aplicaciones rápidas y repetidas, como la fuerza, la coordinación, la resistencia (como base para una buena capacidad de recuperación) y la movilidad, y que estos factores deben entrenarse en paralelo y en una medida suficiente.
- El entrenamiento de la velocidad debe combinar una formación selectiva y una formación compleja. El entrenamiento selectivo de la velocidad, con sus contenidos generales y semiespecíficos (entrenamiento de la fuerza especial), crea unas condiciones básicas elementales para consolidar la capacidad de rendimiento compleja, específica de la modalidad.

- En las *modalidades de juego*, el entrenamiento de la velocidad debe integrar en todo momento la mejora del rendimiento de esprint en la estructura global de los componentes técnico-táctico-cognitivos típicos del juego, esto es, debe ajustarse a las capacidades necesarias en el manejo del balón. El potencial físico, esto es, energético de un deportista sólo puede ser eficaz para el rendimiento cuando se utiliza en sintonía con la situación del momento y con la técnica deportiva aplicada, en el momento correcto y con la dosificación justa.
- A la hora de optimizar la velocidad de acción o desplazamiento, hemos de buscar un incremento progresivo de la dificultad, comenzando con acciones o programas de acción sencillos, estipulados, sin presión del contrario, hasta llegar a las situaciones complejas, típicas de la competición, que requieren del jugador decisiones autónomas con vistas al objetivo y al programa de la acción (entrenamiento adecuado a la situación de juego). En todos los niveles de dificultad se debe elevar sistemáticamente la velocidad de la acción y el grado de la presión del contrario, mientras que la exactitud del movimiento se debe cuando menos mantener, y de ser posible mejorar.
- El entrenamiento de la velocidad tiene que practicarse a lo largo de todo el año. Los descansos prolongados afectan negativamente todos los componentes de la velocidad, desde el punto de vista tanto neuromuscular como bioquímico.

Entrenamiento de la velocidad en las edades infantil y juvenil

Fundamentos generales

La velocidad máxima parece estar determinada genéticamente en un marco bastante estrecho. Israel (1977, 992) considera posible que el asentamiento definitivo de los fundamentos biológicos de la velocidad se produzca en un momento muy temprano. Así pues, lo que no se desarrolló a su debido tiempo, no se consigue posteriormente (cf. también Blaser, 1978, 445). Estas conclusiones destacan la importancia de trabajar este factor físico del rendimiento en el momento más temprano posible (v. también pág. 420).

Como se podrá ver en los siguientes apartados, en las edades infantil y juvenil se trata sobre todo de llevar las condiciones elementales de la velocidad –aquí particularmente la calidad de los procesos neuromusculares de regulación y conducción– hasta un nivel con perspectiva de futuro, en un momento temprano y de una forma amena.

En el ámbito infantil y juvenil –sobre todo en la etapa entre los 8 y 16 años– la elevada plasticidad de la corteza cerebral y la inestabilidad del sistema nervioso –de origen morfológico– permiten consolidar en las mejores condiciones los fundamentos en el ámbito de las capacidades de la velocidad (cf. también Stiehler/Konzag/Döbler, 1988, 111; Voss, 1990, 21; Bauersfeld/Voss, 1992, 84; Lehmann, 1993, 4).

La formación y la diferenciación de los programas motores elementales y complejos tienen lugar sobre todo en las edades infantil y juvenil, si se dispone de las necesarias posibilidades de entrenamiento. Lehmann (1993, 13) describe estos procesos de la siguiente manera:

“Los programas motores son el resultado del proceso de aprendizaje motor en todas las formas posibles. Exponiendo de forma simplificada, la elaboración de un programa para un movimiento nuevo se produce en el nivel superior del sistema nervioso central (corteza cerebral, conciencia). El movimiento “nuevo” se practica primero en fases parciales y de forma lenta. De esta forma la ejecución se puede controlar (entre otras posibilidades, de forma verbal a cargo del preparador o de forma óptica a cargo del propio deportista) y corregir (p. ej., con la combinación oído, vista –corteza cerebral; corteza cerebral– músculo) en todo momento, completando en cierta forma el programa. Al aumentar la calidad, el movimiento se puede efectuar con mayor velocidad. Al mismo tiempo se deposita una copia de este programa en los segmentos más profundos del sistema nervioso central (cerebelo y otros más profundos). Si el movimiento se efectúa con mucha velocidad, la falta de tiempo obliga a recurrir a estas copias almacenadas en los segmentos situados a más profundidad. En estos programas se determinan, entre otros datos, los músculos que participan en el movimiento y la secuencia temporal en la que lo hacen, y sobre esta base se activan (se contraen) o se inhiben (se aflojan). Los programas se consolidan y se perfeccionan mediante un entrenamiento constante, un efecto buscado en el proceso de aprendizaje motor creando así una base para todos los movimientos de coordinación rápida.

En el proceso de aprendizaje motor con el que se pasa de la marcha a la carrera, y de ésta a la carrera de velocidad, encontramos además, como un hecho singular, partes ya existentes en la elaboración del programa, por así decirlo innatas (reflejo del paso, reflejo de coordinación cruzada), que sólo tienen que completarse. Además, este proceso de aprendizaje tiene lugar en todos los individuos antes de que la corteza cerebral haya madurado desde los puntos de vista funcional y anatómico” (cf. tabla 58).

En la tabla 58 se detallan varias características neuronales básicas, relevantes desde el punto de vista de la velocidad y específicas de la edad.

Entrenamiento de la velocidad en la edad preescolar

En el cuarto año de vida sólo el 30 % de los niños presentan, según Levi-Gorinevskaia (citado en Meinel, 1976, 324/325), una buena coordinación de los movimientos de brazos y piernas en el desarrollo de la carrera. Esta cifra aumenta hasta el 70-75 % en el siguiente año de vida, para superar el 90 % en el sexto año. Así pues, la única opción en esta etapa es una oferta suficiente de ejercicios variados con un componente de velocidad, y un asentamiento de los fundamentos coordinativos para las etapas posteriores.

Entre el quinto y el séptimo año de vida se produce un notable perfeccionamiento de los movimientos de marcha, que se manifiesta asimismo en una mejora extraordinariamente rápida de la velocidad de carrera (Meinel, 1976, 325); por ello, en este período se recomienda incrementar la oferta en cuanto a ejercicios de velocidad.

Como ya hemos mencionado, los niños en la edad preescolar consiguen, en el ámbito de los rendimientos de velocidad elemental (acíclica y cíclica), tiempos de contacto y frecuencias próximas a las de los deportistas de elite, superándolas en casos aislados. Este argumento debería incitarlos al ejercicio en estas edades de dichas condiciones elementales de la velocidad, de forma apropiada a la edad y con un carácter lúdico. El lema debería ser: en lugar de “sentarse quietos”, golpeo con los pies (*foot tapping*).

Entrenamiento de la velocidad en la edad escolar temprana

La frecuencia y la velocidad de los movimientos experimentan su empujón de desarrollo máximo en la edad escolar temprana (figs. 321 y 323; cf. Köhler, 1977, 607; Stemmler, 1977, 278; Koinzer, 1978, 146; Crasselt/Israel/Richter, 1984, 424; Diekmann/Letzelter, 1987, 28; Lehmann, 1993, 18).

Como se puede ver en la tabla 58, la maduración definitiva, anatómica y funcional, de la corteza cerebral tiene lugar en esta etapa. Este hecho origina una notable mejora en el ámbito de la velocidad de reacción y un considerable acortamiento del tiempo de latencia que le sirve de base (v. pág. 377) (según Markosian/Vasiutina [1976, 330], dicho tiempo pasa de los 0,50-0,60 s en los niños de 6 y 7 años a los 0,25-0,40 s en los niños de 10 años).

En un estudio transversal con 375 niños, Lehmann (1993, 18) ha podido constatar en una niña un valor de velocidad cíclica de 16,56 Hz en *foot tapping* (v. pág. 414) (el valor máximo comparable en los chicos se situó en

Edad (años)	Condiciones/modificaciones morfológicas	Formas de manifestación en relación con la velocidad
6 a 8	Maduración definitiva, anatómica y funcional de la corteza cerebral	Clara mejora de la capacidad para efectuar movimientos de alta frecuencia; las frecuencias de zancada al correr pueden equivaler a las de los esprinters de elite
9/10 a 12/13	Predominan los procesos de excitación frente a los de inhibición (cf. nota)	Edad favorable para el aprendizaje motor; los movimientos nuevos se aprenden con relativa rapidez, aunque son inestables frente a los influjos del exterior; para la velocidad las condiciones son comparativamente neutras (p. ej., la "carrera rápida relajada" es casi imposible); los más rápidos son por lo general los "más dotados"
De 12 a 14 aprox. (mujeres) De 13 a 15 aprox. (hombres)	Compensación del predominio de la excitación mediante el refuerzo de los procesos de inhibición (se crea un equilibrio entre excitación e inhibición)	Condiciones favorables para el desarrollo de la velocidad; se puede influir sobre los programas motores elementales
	Crecimiento intenso en sentido longitudinal (las relaciones de fuerza y de palanca no cambian de forma proporcional)	Empeoramiento muy probable de ciertos requisitos complejos en la carrera de corta distancia (p. ej., tiempo de apoyo, frecuencia de paso); si la repetición es frecuente, monótona, se influye negativamente sobre los programas motores elementales (éstos se consolidan)
A partir de los 15/16	"Estabilidad neuronal"	Si las condiciones de la velocidad son insuficientes, las estagnaciones en el rendimiento de esprint se pueden retrasar hasta un cierto punto mediante un entrenamiento de la fuerza de esprint o de la fuerza rápida, pero no se pueden impedir

Tabla 58. Aspectos de la velocidad específicos de la edad en el transcurso del desarrollo ontogenético (de Lehmann, 1993, 14)

12,97). En relación con la velocidad acíclica –representada por el tiempo de contacto en el salto pliométrico (v. pág. 414)– dos chicos de 10 años de edad consiguieron tiempos máximos de 147 y 167 ms, indicio de que en esta edad se puede conseguir ya rendimientos extraordinarios en el ámbito de la velocidad elemental.

una mayor variedad de ejercicios centrados en la velocidad; las causas determinantes de esta situación son, según Koinzer (1978, 146), unas condiciones de movilidad favorables de los procesos neuronales y unas relaciones de palanca también muy favorables.

En el desarrollo multilateral de los factores físicos del rendimiento hemos de tener en cuenta que en esta etapa las tasas de crecimiento de las capacidades de la velocidad son máximas, y en consecuencia hay que proponer

En el desarrollo multilateral de los factores físicos del rendimiento hemos de tener en cuenta que en esta etapa las tasas de crecimiento de las capacidades de la velocidad son máximas, y en consecuencia hay que proponer una mayor variedad de ejercicios centrados en la velocidad; las

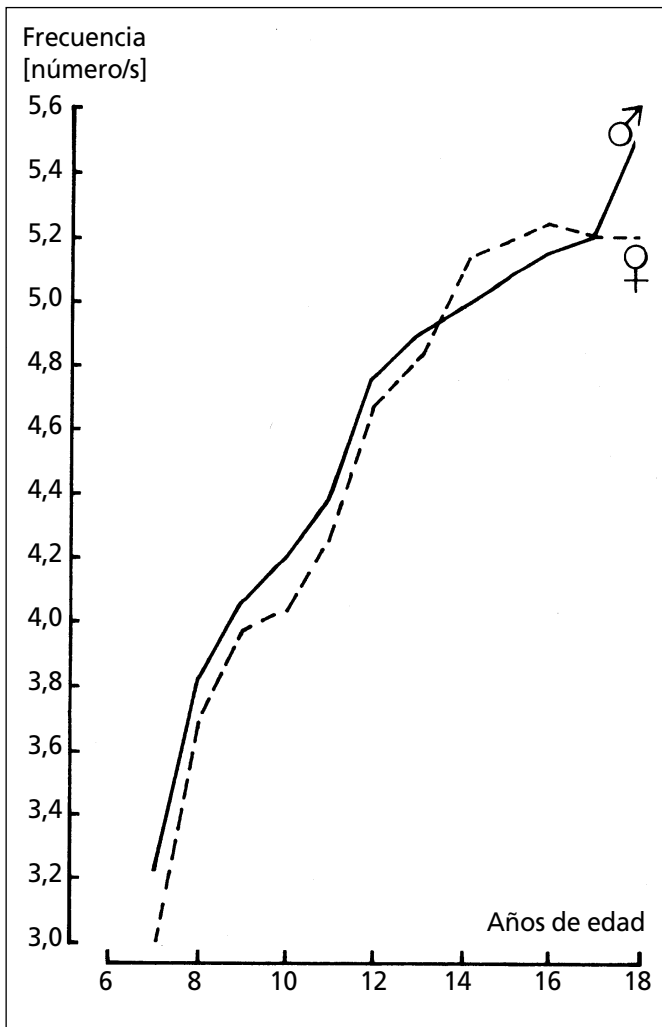


Figura 321. Frecuencias máximas de diferentes movimientos de amplitud reducida (de Farfel, citado en Weineck, 1992, 470).

causas determinantes de esta situación son, según Koinzer (1978, 146), unas condiciones de movilidad favorables de los procesos neuronales y unas relaciones de palanca también muy favorables.

Dada la marcada pulsión por el movimiento y la curiosidad a menudo incontenible, cualquier “pretexto de movimiento” se puede aprovechar como detonante de actividades de todo tipo—esto es, también como oportunidad de carrera con trabajo de la velocidad— y se puede, por tanto, enfocar hacia un trabajo selectivo.

En esta etapa se pueden mejorar además, de forma decisiva, todos los parámetros de velocidad y de fuerza rápida con herramientas sencillas, de formación general, por ejemplo, mediante un entrenamiento de circuito o con juegos de carrera apropiados para los niños (v. también pág. 386). Los estudios de Diekmann/Letzelter (1987, 286) y Steinmann (1990, 336) apoyan esta tesis de manera muy expresiva (cf. fig. 323).

En la edad de la escuela primaria el entrenamiento en el ámbito de la fuerza de esprint resulta muy agradecido. Como muestran los estudios de Knappe (1966, 645), sólo con los “controles del rendimiento”, en el sentido de carreras de rendimiento de 60 m repetidas de forma regular, se consiguen mejoras notorias.

En relación con el trabajo temprano de las condiciones elementales de la velocidad, conviene ofrecer un buen repertorio de ejercicios apropiados (v. pág. 392). Los programas de entrenamiento no se deberían limitar a ejercicios de reacción y de aceleración—como ocurre a menudo en la práctica escolar y en la sociedad deportiva—, sino que deberían plantear a los niños exigencias múltiples, sobre todo de tipo neuronal-neuromuscular (v. pág. 392).

Entrenamiento de la velocidad en la edad escolar tardía

En esta etapa, la literatura especializada nos proporciona informaciones que se contradicen y rectifican en aspectos parciales.

Hay más coincidencias en lo tocante a la velocidad de reacción y de carrera.

Según Markosian/Vasiutina (1965, 330), los tiempos de latencia y de reacción se van acortando rápidamente, y hacia el final de esta etapa se aproximan a los valores de los adultos.

La velocidad de carrera aumenta también de manera pronunciada (cf. fig. 324; cf. Kusnezova 1974, 19; Farfel, cit. en Koinzer 1978, 146).

Por otra parte, en lo tocante al desarrollo de la frecuencia de movimientos, existen versiones encontradas; en opinión de los autores antes mencionados, el ascenso se mantiene también en esta edad.

Como muestran los numerosos estudios transversales de Lehmann (1993, 18), después del claro empujón del desarrollo que se produce entre los 6 y 9 años de edad, la mejora de la velocidad elemental cíclica y acíclica se interrumpe entre los 10 y 12 años, aunque la velocidad de carrera como rendimiento complejo sigue en ascenso. El hecho indica que en esta etapa las posibilidades de influir sobre las condiciones elementales de la velocidad son escasas, pero el desarrollo de la velocidad máxima de carrera continúa y de forma intensa.

Así pues, la mejora de la velocidad de carrera compleja parece deberse en esta etapa a otros factores, como, por ejemplo, la fuerza. Como se puede observar en los estudios ya mencionados de Diekmann/Letzelter (1987, 286; cf. fig. 322) y Steinmann (1990, 336; cf. fig. 324), un entrenamiento adicional de la velocidad y de la fuerza rápida

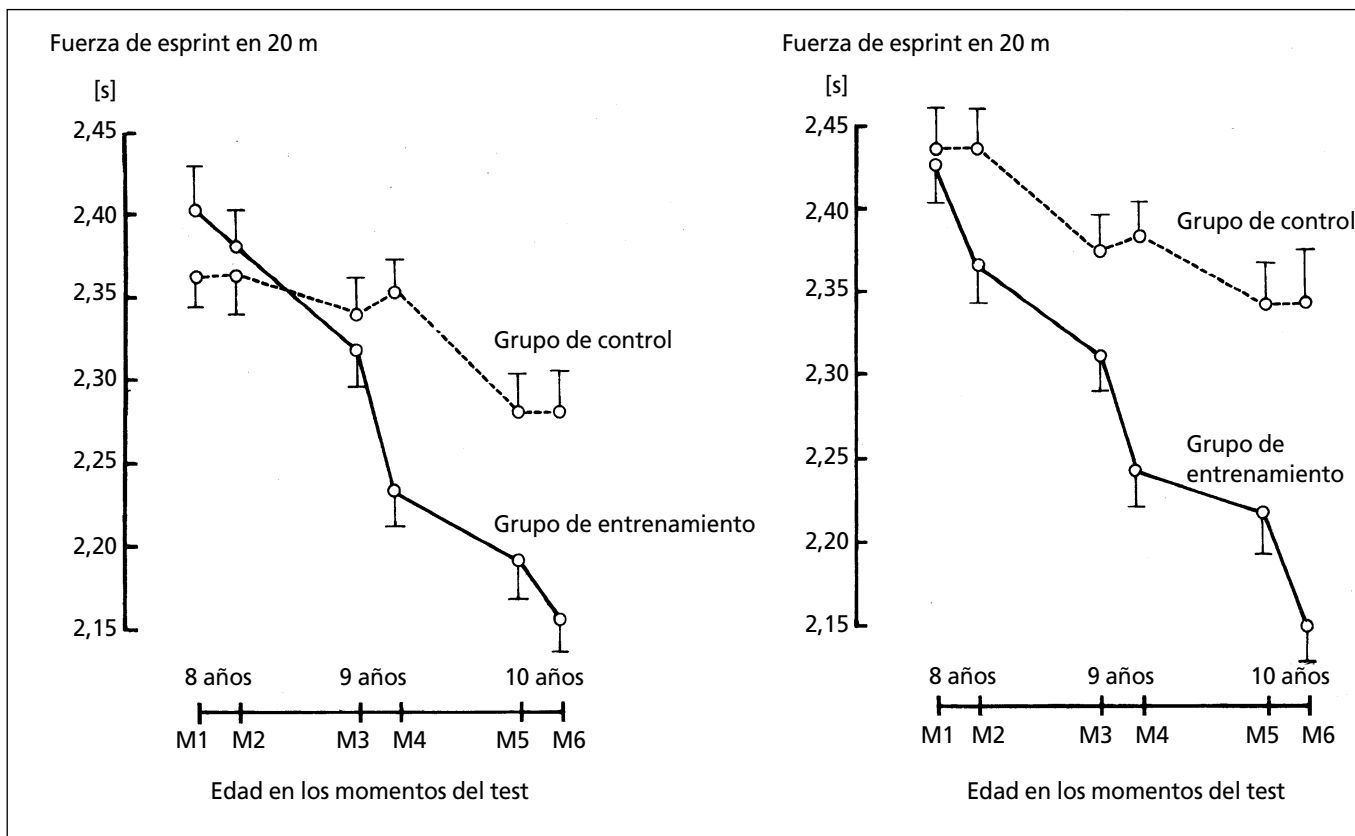


Figura 322. Desarrollo de la fuerza de esprint durante un entrenamiento experimental de 2 años de duración (entrenamiento de velocidad y de fuerza rápida adecuado a los niños, de dos veces 30 min a la semana, durante 12 semanas) (de Diekmann/Letzelter, 1987, 286).

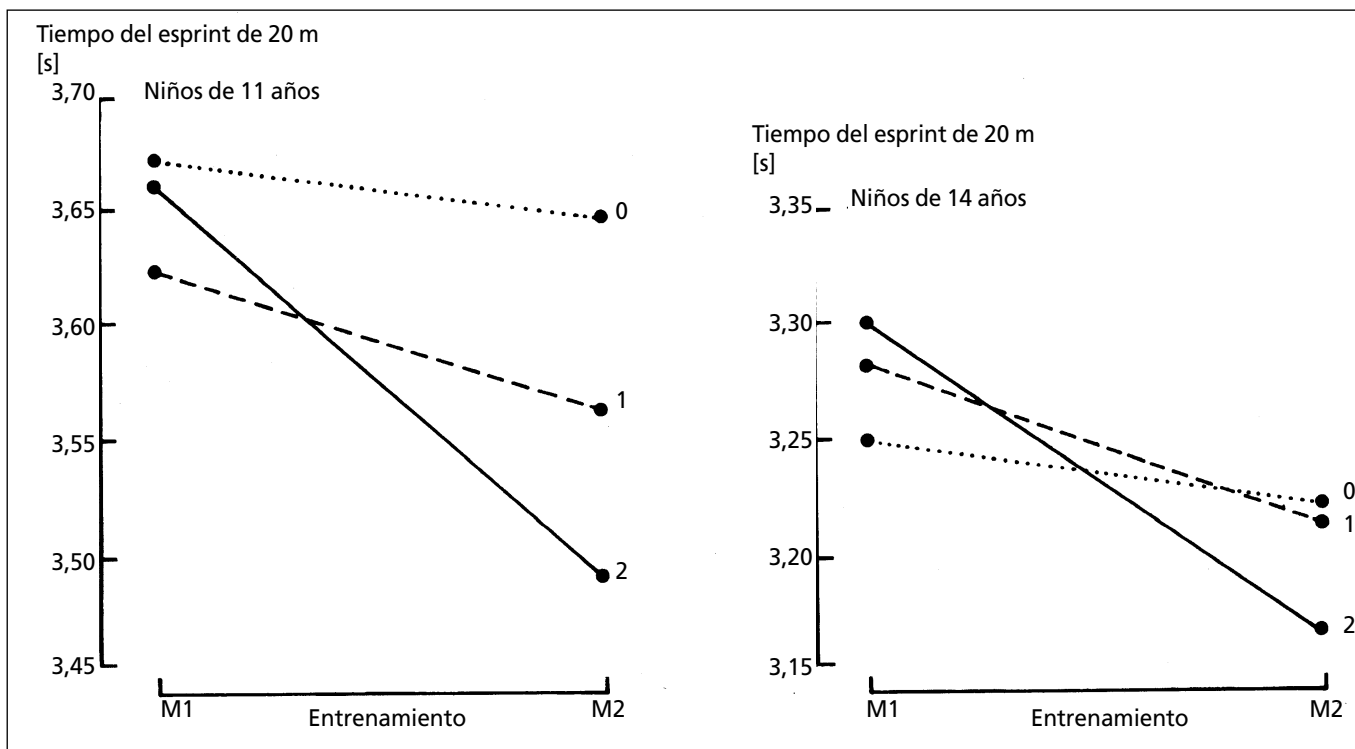


Figura 323. Cambios del rendimiento en la fuerza de esprint en escolares de 11 y de 14 años después de un entrenamiento de circuito de 8 semanas (de Steinmann, 1990, 336). 0 = grupo de control; 1 = grupo con una sesión de entrenamiento a la semana; 2 = grupo con dos sesiones de entrenamiento a la semana.

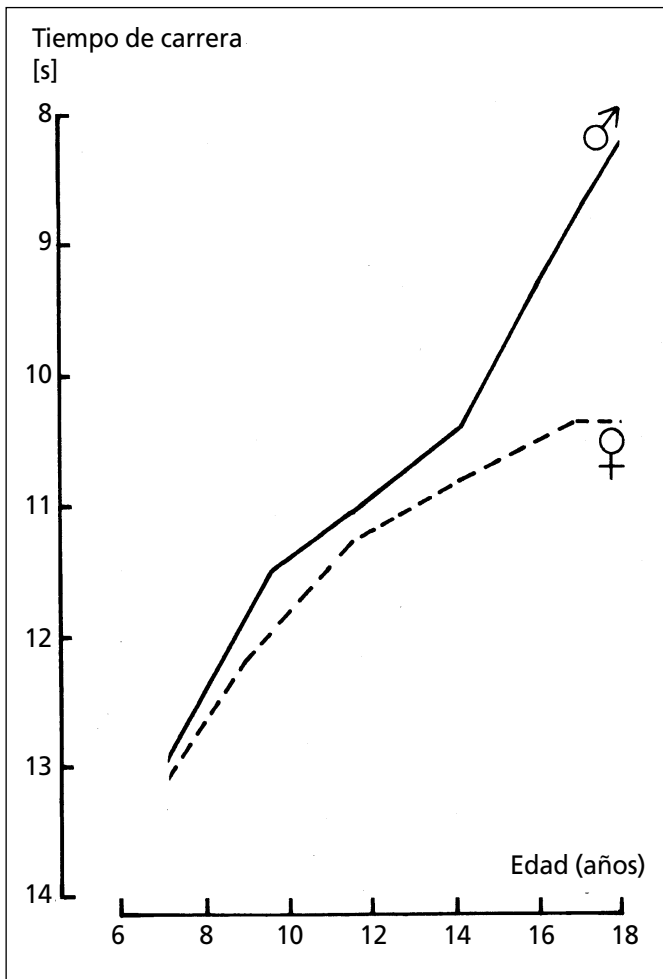


Figura 324. Tiempos de carrera en 60 m en las diferentes edades (en Weineck 1990, de Crasselt, 1972, 543).

en esta etapa produce aumentos de rendimiento notorios en la velocidad de carrera compleja, siempre que se adapte a la idiosincrasia infantil.

Entrenamiento de la velocidad en la pubescencia

Con el inicio de la pubertad aparecen cambios psicofísicos profundos, que influyen también sobre las condiciones y los rendimientos elementales y complejos de la velocidad. Lehmann (1993, 14) resume la situación de la siguiente forma:

“Durante la pubescencia el predominio de los procesos de excitación (que sirven de base a una excelente capacidad de aprender movimientos nuevos) se ve compensado por un incremento de las funciones inhibitoras (cf. tabla 58). De esta forma, los mecanismos básicos del sistema nervioso central mantienen una relativa “plasticidad”, esto es, responden en cierto modo a las influencias externas,

por ejemplo, la del entrenamiento. Lamentablemente se ignora muy a menudo el hecho de que esta plasticidad puede originar también empeoramientos cualitativos, como indican los resultados de numerosos estudios. En esta fase “plástica” se producen a menudo cambios acentuados de la constitución corporal (crecimiento longitudinal acelerado). Como las relaciones fuerza/peso, las condiciones de palanca no se desarrollan de manera proporcional, y se prolongan inevitablemente unos tiempos de apoyo que tal vez habían alcanzado anteriormente un nivel prometedor para el futuro.

Si para desarrollar la velocidad de carrera se repiten en este momento carreras máximas, de forma habitual y monótona desde el punto de vista coordinativo, esto es, con la misma secuencia motora en la fase principal, independientemente del tipo de secuencia y de la reacción, etc., se puede ejercer una influencia negativa sobre el programa motor decisivo para este segmento del movimiento. Estos empeoramientos se observan claramente en las llamadas formas de diagnóstico y apenas se pueden compensar debido a los síntomas de estabilización nerviosa central que se dan al llegar a la pubertad.”

A continuación defiende este autor un entrenamiento multilateral desde el punto de vista coordinativo, para que el cambio de las proporciones corporales y de las condiciones físicas no suponga un empeoramiento de las condiciones elementales de la velocidad (programas motores como fundamento de los movimientos de coordinación rápida), que apenas se corrigen una vez que se llega a la pubertad. En todo caso, Lehmann señala que esta multilateralidad se ha de entender con un carácter selectivo, esto es, se trata de los programas motores relevantes para los rendimientos de esprint y de velocidad.

Los tiempos de latencia y de reacción alcanzan los valores del adulto al concluir la pubescencia (Markosian/Vasutina, 1965, 330), y la frecuencia de movimientos, que posteriormente apenas varía, alcanza su nivel máximo entre los 13 y los 15 años (Farfel, 1959, 17 s., citado en Meinel, 1976, 371).

Las elevadas tasas de aumento de la fuerza máxima y la fuerza rápida, debidas a la situación hormonal (ascenso de la testosterona en los chicos; cf. Koinzer, 1978, 146), y el aumento de la capacidad anaeróbica (visible en el aumento de la resistencia de la velocidad y la resistencia de la fuerza), provocan en esta fase mejoras muy importantes de la velocidad. Además, al contrario de lo que sucedía en etapas anteriores, se puede incorporar contenidos de entrenamiento anaeróbicos para intensificar estas mejoras. Esta circunstancia debe aprovecharse intensificando el entrenamiento del componente físico de la velocidad, esto es, de la fuerza rápida (cf. Frey, 1978, 185).

Entrenamiento de la velocidad en la adolescencia

Se puede plantear un trabajo sin restricciones de los aspectos físicos y coordinativos de la velocidad. Los métodos y contenidos de entrenamiento se corresponden más o menos con los de los adultos, diferenciándose de éstos sólo en el aspecto cuantitativo.

No obstante, Stein (1993, 34) sostiene que en esta edad no se deberían utilizar aún los medios de entrenamiento del deporte de alto rendimiento (carreras con apoyo o resistencia de tracción, etc., v. pág. 402), pues aquí unos ejercicios de entrenamiento relativamente sencillos permiten aún crecimientos considerables, y los ejercicios mencionados, muy específicos, deberían reservarse para el ámbito del alto rendimiento (cf. también fig. 310, pág. 402).

Métodos y contenidos de entrenamiento apropiados para los niños

En la siguiente descripción de métodos y contenidos para desarrollar los diversos factores decisivos en cuanto al rendimiento, se insiste repetidamente sobre la importancia de una formación variada, multilateral y en varios planos, y sin embargo selectiva. En la línea de Voss (1993, 6) y otros muchos autores advertiremos una y otra vez sobre la conveniencia de evitar un repertorio de exigencias unilateral.

Cuando el entrenamiento recurre casi únicamente a carreras de aceleración, sprints lanzados y salidas, las posibilidades existentes en esta etapa de edad (entrenamiento de consolidación) no se aprovechan de modo suficiente.

En la edad infantil la marcada pulsión por el movimiento, la necesidad de un cambio frecuente en la actividad lúdica, etc., y las circunstancias fisiológicas (las capacidades aláctica y láctica son limitadas) exigen la adaptación, en términos de calidad y de cantidad, de los contenidos de entrenamiento a las distintas etapas. El principio rector es la *adecuación* de los métodos y contenidos de entrenamiento a las *circunstancias de la infancia*.

En la edad infantil, las cualidades de velocidad y de fuerza rápida se deberían mejorar casi exclusivamente mediante formas de juego.

No conviene en absoluto plantear exigencias a la resistencia de la velocidad. La tarea principal consiste en la mejora de las condiciones elementales de la velocidad y de la capacidad de aceleración, que se consigue en todos los juegos infantiles de perseguir y atrapar.

Método de repeticiones y método interválico intensivo

El método idóneo, al igual que ocurre con los adultos, es el *método de repeticiones*.

Al comparar el método de repeticiones con el método interválico intensivo se observa que las cargas de esprint con pausa de trote activa (según el modelo de los adultos) suponen una exigencia excesiva para los niños, pues su economía de carrera no está aún tan desarrollada para que el “trote” sea verdaderamente eficaz como medida de recuperación.

La frecuencia cardíaca, como indicador aproximado de la carga general, permanece relativamente constante con una carga interválica de 8×20 m si el niño es capaz de recuperarse totalmente en la pausa, mientras vuelve al punto de partida (fig. 325). Si la vuelta al lugar de partida se produce al trote, se producirá un sobreesfuerzo acumulativo: el niño pierde el “humor” y las ganas.

La práctica habitual del entrenamiento insiste en la utilización de formas de juego adecuadas al carácter de los niños, pero que generan cargas antifisiológicas: en los juegos de persecución se debería evitar en todo momento que la tarea de atrapar recaiga en un solo individuo durante mucho tiempo. Hay que buscar normas de juego que aseguren un cambio rápido, repartiendo la carga de forma intermitente entre *todos* los niños.

En los juegos de correr y saltar (v. el capítulo de la fuerza, pág. 348) buscaremos la longitud de recorrido o el tiempo de carga correctos, dada la escasa capacidad de resistencia ante la acidosis.

En las carreras de relevos, carreras numéricas y similares, el número de componentes de los grupos debería elegirse de modo que las pausas entre las cargas (breves) se sitúen en torno a los 60 segundos de duración. Los jugadores más capaces de asumir carga, esto es, más fuertes en cuanto a su rendimiento, deberían recibir una cuota de carga mayor, en función de sus capacidades. Ejemplo: en las carreras numéricas (v. pág. 432) el entrenador grita con mayor frecuencia el número de estos niños, de una forma aparentemente “casual”, o bien lo hace a distancias más cortas; en cambio “protege” del mismo modo a los más débiles.

En todos los juegos de equipo con balón en 1:1, 2:2, 3:3, etc., se debe controlar siempre la duración del tiempo de juego. Así por ejemplo, en un partido 1:1 se debería establecer una pausa de recuperación activa suficientemente larga tras un tiempo de juego de entre 1 y 2 minutos.

No obstante, hemos de tener en cuenta dos hechos: los niños necesitan un tiempo de recuperación más largo, y la configuración de sus pausas activas tiene unas características diferentes en comparación con los adultos (v. pág. 426). A continuación presentaremos una serie de juegos

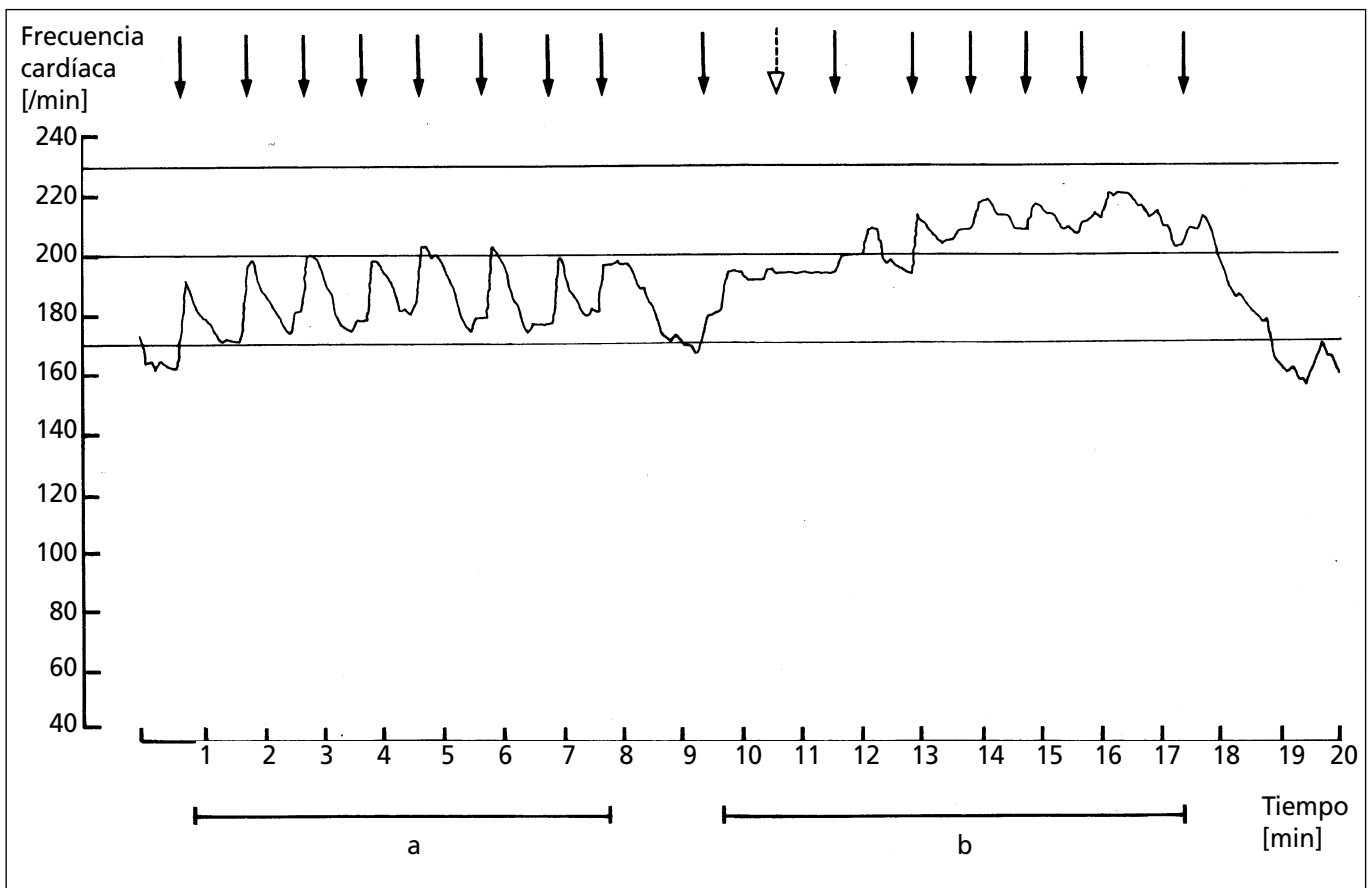


Figura 325. Efectos de una carrera de 8×20 m con elección de métodos diferentes: a) método de repeticiones con recuperación completa mediante pausas de marcha; b) método intervalico intensivo con recuperación incompleta mediante pausas de trote activas. (En el punto marcado con ↓ se produce un cambio artificial por relajación a corto plazo de los electrodos.)

menores o formas de juego que trabajan las diferentes capacidades parciales de la velocidad de forma separada, por complejos parciales o de forma global. Especialmente favorables son los juegos de carrera que contienen un arranque máximo breve, combinado con tareas suplementarias que trabajan la reacción. Al incluir ejercicios de reacción se trabajan también la velocidad de percepción, de anticipación y de decisión, así como la velocidad de acción y de actuación.

Se debe llevar a niños y jóvenes desde las formas sencillas de juego y de reacción hacia formas cada vez más complicadas.

Contenidos para el entrenamiento de las condiciones elementales de la velocidad

(cf. también fig. 436)

Un entrenamiento múltiple de la velocidad en la etapa de entrenamiento de base y al principio de la etapa de consolidación tiene que ser variado, sobre todo desde el punto de vista neuronal y neuromuscular (Lehmann, 1993, 4).

Así pues, Lehmann (1993, 4 s.) recomienda el uso preferente de contenidos que permitan un trabajo más variado de las condiciones elementales de la velocidad, y justifica esta pretensión con ejemplos tomados del entrenamiento de la velocidad de movimientos cíclicos. El autor señala en este contexto el siguiente abanico de ejercicios con objetivos diferentes:

- *Mejora de la capacidad de diferenciación (método sensorial)*

Por capacidad de diferenciación entiende la capacidad del deportista para distinguir aplicaciones de fuerza en movimientos de fuerza rápida, dentro de un nivel de motricidad fina. Como sucesión metodológica para su desarrollo propone el siguiente procedimiento (ver cuadro de pág. 427).

- *Ejecución asimétrica de movimientos similares a los de carrera*

El objetivo de estos ejercicios será la alteración consciente de los modelos motores fijados en movimientos acíclicos. El autor recomienda como idóneos todos los ejercicios del ABC del esprint (elevación de rodillas,

1^{er} paso

- Se efectúan carreras con diferente intensidad (no máxima).
- Después de cada carrera se comunica al deportista el tiempo de carrera.

2^o paso

- Se efectúan carreras con diferente intensidad (no máxima).
- Después de cada carrera se pide al deportista que estime el tiempo empleado y lo compare con el valor real. Si las desviaciones son escasas y estables se puede pasar al tercer paso.

3^{er} paso

- Determinar unos tiempos para las carreras.
- Comparación con el tiempo realmente corrido. En principio esta forma de proceder es posible con todas las herramientas de entrenamiento mencionadas, según sus criterios específicos.

4^o paso

Precisar el objetivo de entrenamiento:

“En nuestros días no se trata de calcular sino más bien de

el corredor más rápido, sino quién aprovecha mejor sus capacidades coordinativas/neuronales al correr.”

Ejemplos:

- Carrera máxima; calcular el tiempo de carrera; calcular el 90 % = indicación para la segunda carrera; gana aquel que se aproxima a esta indicación.
- Efectuar 3 o 4 carreras en el ámbito de la intensidad submáxima; gana el corredor que, al estimar los tiempos, presenta las desviaciones menores en la suma de las carreras.
- Efectuar 3 o 4 carreras en el ámbito de la intensidad submáxima con una indicación concreta; gana aquel que presenta las desviaciones menores en la suma de los tiempos de carrera reales.
- Cumplir indicaciones cualitativas; efectuar la carrera en intensidad submáxima; la segunda carrera debe ser ligeramente más rápida; si nos desviamos de la indicación cualitativa (la carrera es más rápida), la desviación se multiplica por cinco; la tercera carrera debe ser ligeramente más lenta que la segunda (si hay desviación cualitativa se procede de forma análoga); gana aquel que en la suma de las carreras presenta las menores desviaciones respecto de las indicaciones.

(Lehmann, 1993, 5)

skipping, regates [trabajo de la articulación del tobillo], carrera de saltos, aproximación de talones a nalgas, etc.). En este sentido pide:

- una diferencia clara en cuanto a la velocidad de ejecución del movimiento entre la pierna derecha y la izquierda, con amplitud casi igual;
- una diferencia clara en cuanto a la amplitud del movimiento entre la pierna derecha y la izquierda con velocidad del movimiento casi idéntica.

En paralelo debe producirse una elevación de las exigencias coordinativas añadiendo tareas suplementarias de tipo coordinativo (p. ej., cambio del trabajo del brazo, mantener las manos delante/junto a/por encima del cuerpo).

- *Desarrollo de frecuencia máxima con movimientos parecidos a los de carrera o esprint*
Aquí el autor pide un alto grado de variabilidad en la realización de los típicos ejercicios de frecuencia como el regate o el *skipping*: el ejercicio efectuado en todo momento al máximo fija –en su opinión, que apoya con va-

rios estudios realizados por él mismo– un estereotipo motor sobre el que posteriormente apenas se podrá influir. Por ello recomienda *skippings* acompañados de diferentes tareas:

- con indicación de distancia (regular, irregular);
- utilizando pequeños obstáculos, o
- cambiando la superficie de apoyo (hierba, arena, colchoneta de gimnasia, agua de poca profundidad, terreno ligeramente cuesta arriba/abajo, etc.).

En todos los ejercicios hay que buscar siempre una realización motora máxima y cualitativamente buena.

- *Ejercicios de locomoción en diferentes direcciones de movimiento*
El objetivo de estos ejercicios es enriquecer y completar el modelo motor existente. Los contenidos pueden ser:
 - carreras, saltos, aproximación de talones a nalgas, *skipping*, carrera de saltos, saltos con elevación alterna de pierna, etc.;

- asociados a diferentes direcciones del movimiento (hacia delante, hacia un lado, hacia atrás, en diagonal), buscando frecuencias o amplitudes del movimiento o velocidades de avance elevadas;
 - en combinación variada;
 - asociados a diferentes formas de juego y de competición.
- *Movimientos rápidos cíclicos y acíclicos en condiciones ligeramente forzadas*
Como ejemplos menciona:
 - carreras escaleras abajo según indicación individual (cada escalón, cada dos escalones, uno o dos escalones alternativamente);
 - carreras escaleras abajo con cambio del número de escalones según una señal acústica del preparador;
 - saltos hacia delante/hacia atrás sobre una cuerda en rotación, con una pierna, con ambas piernas, alternativamente;
 - carreras sobre un recorrido circular con una, dos o tres cuerdas en movimiento, hacia delante o hacia atrás;
 - carreras sobre un recorrido circular con una, dos o tres cuerdas en movimiento, cambio de la dirección del movimiento por orden del preparador;
 - lo mismo en formas de juego menores o de competición.

Atención. Los ejercicios mencionados como ejemplos no son habituales para muchos niños y permiten observar en seguida el agarrotamiento de muchos modelos motores ya en los años de juventud. No obstante, muestran también que la ampliación selectiva del abanico de ejercicios sólo puede tener un efecto positivo sobre la capacidad de rendimiento deportivo, en el sentido de un trabajo óptimo de la coordinación según el lema de Hirtz (1985): “multilateral, rico en variantes, inhabitual”. De esta forma se evitan también los síntomas precoces de estabilización y fijación de programas motores y se mantiene durante más tiempo la plasticidad del sistema nervioso, esto es, la posibilidad de moldearlo y de influir en él (cf. Lehmann, 1993, 7).

Contenidos para el entrenamiento de la capacidad de reacción y aceleración

La literatura especializada no aporta hasta ahora muchas propuestas de ejercicios y formas de juego para desarrollar las condiciones elementales de la velocidad, pero sí una enorme oferta para la velocidad entendida como factor complejo (cf. DFB, 1985, 39 s.; Döbler/Döbler, 1980, 175 s.; Poel/Eisfeld, 1987, 31 s.; Benedek, 1987, 211 s.; Bisanz, 1988, 12, y 1988, 25 y 27; Katzenbogner, 1988, 3-5; Wei-

neck, 1990, 3 s.; Erkenbrecher, 1990, 59; Gabriel, 1991, 28; Katzenbogner, 1993, 29-31; Medler, 1993, 48-50).

En contraposición con el entrenamiento de adultos, en la edad infantil no se deberían practicar ejercicios de salida con carácter exclusivo, pues la sequedad de la tarea planteada no produce una gran motivación. Así pues, hemos de buscar desde el primer momento la combinación de formas de juego de salida y de reacción.

Además, el trabajo con los niños debería efectuarse casi exclusivamente con balón, pues éste plantea un gran desafío al espíritu emprendedor de los niños, dadas sus características “imprevisibles”.

Los juegos de reacción y de salida con cambios múltiples de dirección son extraordinariamente importantes para niños y jóvenes, pues trabajan la destreza en carrera y la agilidad –cualidades decisivas en todas las modalidades deportivas– y son un requisito indispensable para el desarrollo óptimo de los diferentes componentes de la velocidad.

La observación práctica del entrenamiento muestra que los juegos de perseguir y atrapar, que desempeñan aquí un papel especial, se utilizan con un grado muy escaso de variación y de sistematización, en el sentido de un perfil ascendente de las exigencias.

Importante. Los ejercicios de salidas se pueden organizar de múltiples maneras mediante cambios en las condiciones marco (cf. también Gabriel, 1991, 27).

- *Variación de la ejecución motora*

Desde la postura de pie, la marcha, el trote; saliendo de una carrera de velocidad creciente; en zonas limitadas; en relación con carreras de velocidad cambiante; desde la carrera hacia delante, hacia los lados o hacia atrás; desde el decúbito prono, supino o lateral; desde la posición de plancha hacia delante o hacia atrás; desde la postura de rodillas o en cuclillas; saliendo de giros o después de realizar saltos.

Las salidas pueden efectuarse en línea recta, con cambio de dirección hacia un lado o hacia delante, con o sin tareas suplementarias.

- *Variación de la señal de inicio*

Señales diferentes:

- llamadas (nombre, número, palabras),
- palmadas (una o varias veces),
- silbidos (una o varias veces),
- objetos en movimiento (balón, compañero),
- contacto corporal.

- *Variación de los participantes*

- carreras/juegos individuales,
- carreras/juegos por parejas,

- carreras/juegos en grupo,
- carreras/juegos masivos.

Como ejemplos de contenidos para mejorar la velocidad de reacción y de salida proponemos el siguiente repertorio (cf. también Weineck, 1992, 476):

1. Ejercicios de salida en solitario, por parejas, en grupo

Los niños salen ante señales diferentes, desde distintas posiciones de salida (de pie, sentados, en decúbito prono o supino, en cuclillas, etc.):

- carrera de conos (fig. 326),
- carrera de slalom (fig. 327).

• *Día y noche (blanco-negro, uno-dos) (fig. 328)*

Realización. Dos grupos más o menos iguales se sitúan en línea (uno al lado de otro), en decúbito prono o supino y una línea frente a otra (distancia de unos 3-4 m). Cuando el entrenador grita “día” (color, número), el grupo del “día” persigue al de la “noche”, y viceversa. Hay que alcanzar al grupo que escapa antes de que llegue a una línea de demarcación (puede ser la línea del centro del campo o la de 16 m).

Variación. El entrenador va relatando una historia. Cuando en ella se llega a la palabra “día” o “noche” (color, número), los niños arrancan.

• *El mago*

El “mago” se sitúa de pie, sentado o tumbado frente al resto del grupo, a una distancia de 3-4 m, y efectúa determinados movimientos que el grupo tiene que imitar. Durante su actuación el mago arranca súbitamente en dirección al grupo e intenta tocar a un jugador cualquiera. Los “espectadores” tienen que estar siempre pendientes de la huida, pese a la imitación del movimiento.

Importante. Con una buena selección, el mago resulta especialmente adecuado para realizar ejercicios gimnásticos, aportándoles un ingrediente de tensión.

• *Perseguir por sorteo*

Dos niños se sitúan uno frente a otro, a 1-2 m de distancia, y a ritmo efectúan un sorteo con tres signos (puño = piedra; mano extendida = papel; pulgar, índice y corazón extendidos = tijera). La piedra “golpea la tijera”: el niño que ha elegido la piedra gana y persigue inmediatamente a su oponente. El papel “envuelve la piedra”: el niño que ha optado por la señal del papel gana y es el perseguidor. La tijera “corta el papel”: el niño que eligió la tijera es el perseguidor. El que huye intenta salvarse detrás de una línea de seguridad.

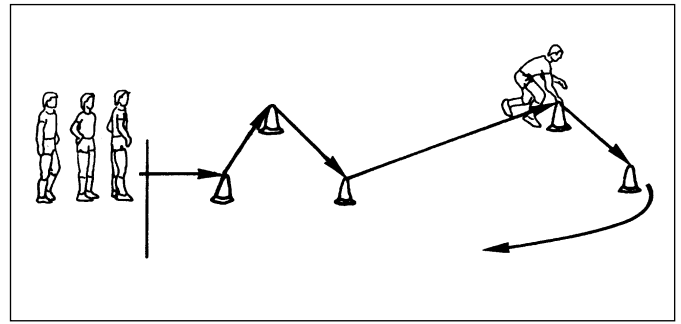


Figura 326. Carrera de conos.

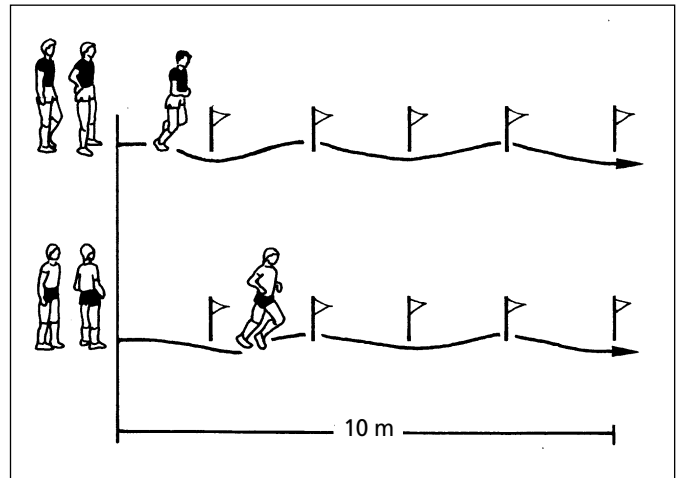


Figura 327. Esprint en slalom.

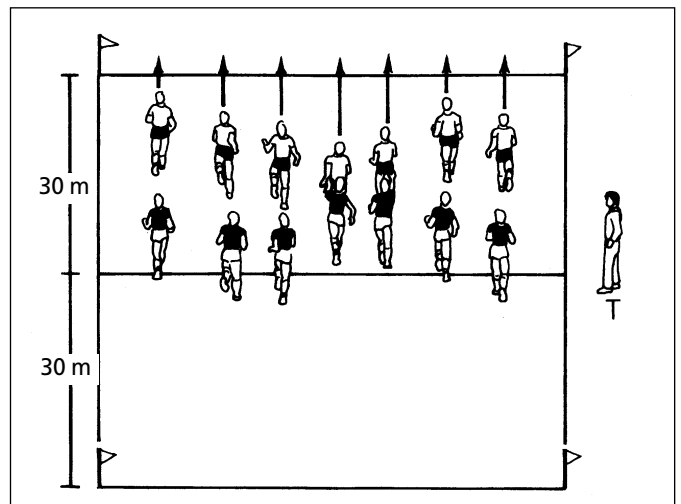


Figura 328. Día y noche.

Variación. No persigue el ganador, sino el perdedor. El juego es extraordinariamente difícil, pues se invierte la situación normal de que el ganador persiga.

• Persecución de relevos (fig. 329)

Realización. Un grupo se sitúa en un campo delimitado (p. ej., el área de 16 m) e intenta escapar de los perseguidores del segundo grupo –situados en fila por fuera de las líneas de demarcación– dentro del terreno acotado. Cuando el primer perseguidor ha alcanzado a un corredor del equipo contrario, entra inmediatamente en juego un segundo corredor del equipo perseguidor y emprende la caza para atrapar a un rival. ¿Cuánto tiempo necesita el grupo perseguidor en total hasta que todos los perseguidores han dado el toque a un rival? Después de una ronda se intercambian los papeles de perseguidores y atrapados.

Como en este juego la situación de caza varía de forma continua –cambian tanto los perseguidores como la dirección de la persecución–, los perseguidos necesitan no sólo una buena capacidad de arranque, sino también dotes de observación y un “cambio de programa” rápido.

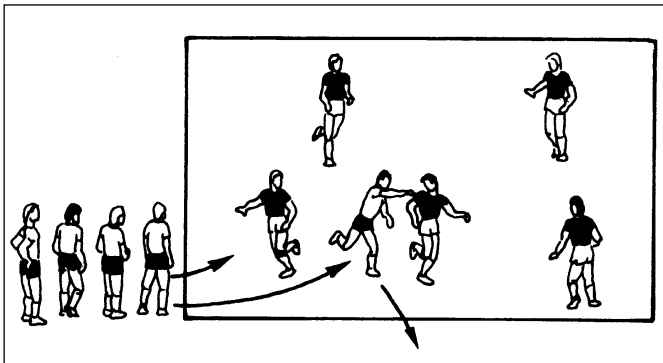


Figura 329. Persecución de relevos.

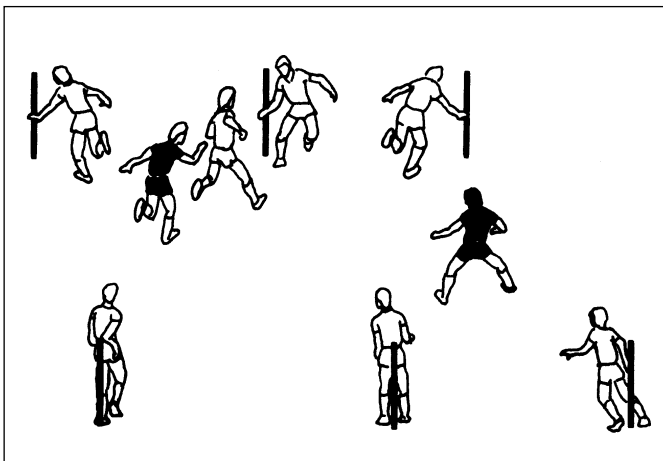


Figura 330. Atrapar delante de las marcas.

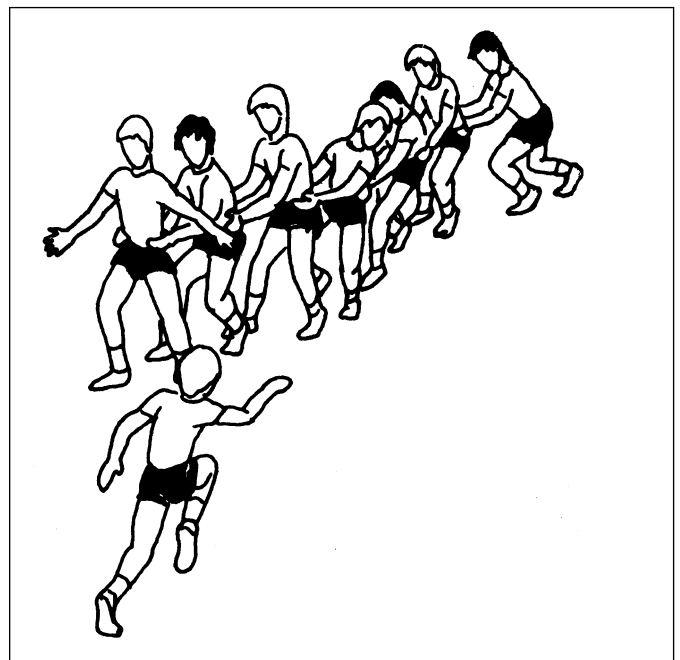


Figura 331. El buitre y la gallina.

• Atrapar delante de las marcas (fig. 330)

Realización. En el campo se sitúan varias marcas (banderines, conos). No se puede atrapar a los jugadores que se encuentran junto a éstas. En cada marca sólo puede estar un jugador. Si un segundo jugador llega junto a la marca, el primero tiene que marcharse.

Variación. El juego puede efectuarse como juego de cambio de lugar. Todos los banderines están ocupados, y algunos jugadores (perseguidores) “no tienen sitio”. Ante una orden del entrenador (señal con la mano, grito), los niños tienen que cambiar de banderines. En este momento pueden ser atrapados por los perseguidores (toque = cambio de tareas).

• El buitre y la gallina (fig. 331)

Realización. Un niño es el “buitre” e intenta atrapar (tocar) a uno de los pollitos que se esconden debajo de la “gallina” (se sitúan en fila detrás de la gallina y se sujetan con las manos en las caderas del jugador de delante) mediante cambios de dirección constantes y arranques sucesivos.

Este juego plantea el trabajo de fintas en carrera (ejercicio preparatorio para la “carrera libre”), reacción rápida y adecuada a la situación (observación del rival) y capacidad de arranque; resulta adecuado sobre todo para los juegos deportivos.

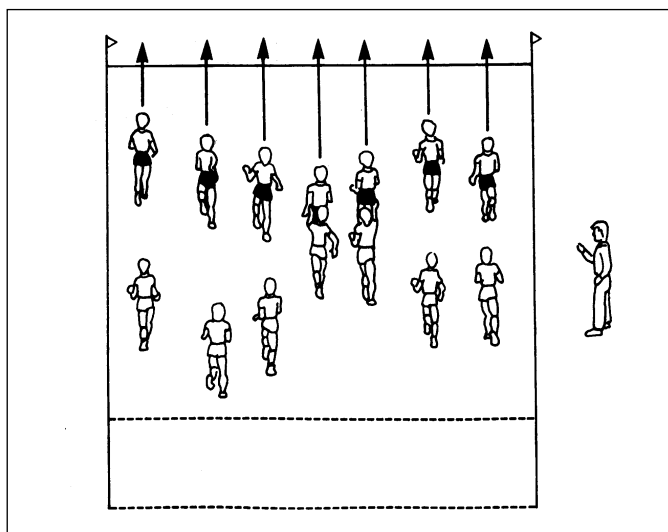


Figura 332. Atrapar al compañero.

Atención. El juego debería comenzar con un “buitre” ágil y de arranque rápido. Dado que el juego fatiga sobre todo al “buitre” y a la “gallina”, por mantenerlos en movimiento constante, los niños deberán cambiar de tarea pronto si el “buitre” tarda en conseguir su presa.

• *Atrapar al compañero (fig. 332)*

Se sitúan dos líneas frente a frente, de pie (tumbados, en cuclillas), unos detrás de otros. Ante una orden, el compañero de atrás intenta atrapar al otro hasta una determinada marca.

• *Arranque contra carrera lanzada (fig. 333)*

Los que arrancan (C 2) se sitúan de pie en la línea media de un campo de unos 40 m de largo. A unos 5 metros de distancia se encuentra un neumático de bicicleta. El compañero “lanzado” (C 1) se aproxima a éste a trote. Tan pronto como lo pisa o lo toca, el que arranca puede echar a correr. El compañero intenta ahora atraparle hasta una línea determinada.

• *“Ven conmigo, vete corriendo” (fig. 334)*

Realización. Varias filas se colocan en círculo, en forma de estrella (mirando hacia el centro). Un jugador corre por fuera alrededor de los grupos. Con el grito de “¡ven conmigo!” o “¡vete corriendo!” se lleva consigo a un grupo o bien ordena a dicho grupo que corra en sentido contrario. El último en llegar a las posiciones de partida sigue corriendo.

• *Todos por el neumático (fig. 335)*

En este juego se combinan la velocidad y la destreza. A cierta distancia de los equipos se coloca en el suelo un

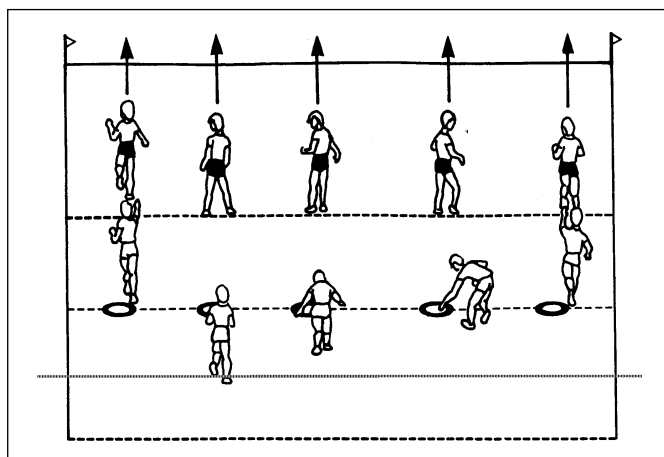


Figura 333. Arranque contra “carrera lanzada”.

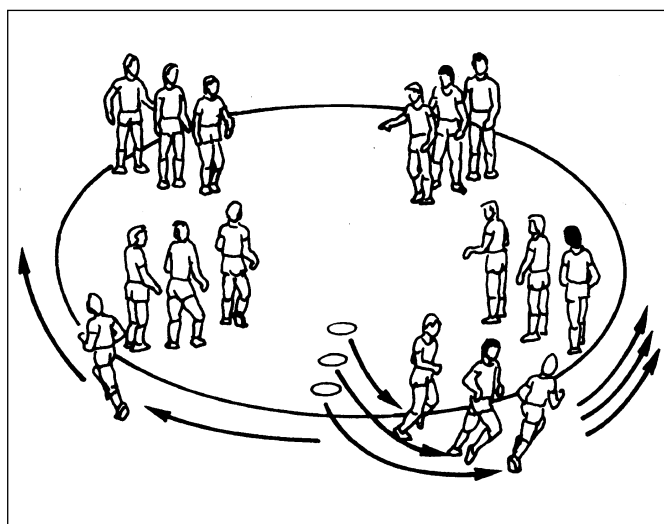


Figura 334. “Ven conmigo, vete corriendo”.

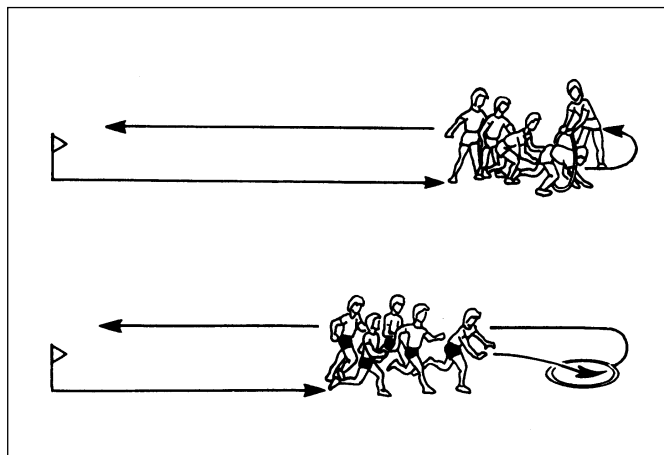


Figura 335. Todos por el neumático.

neumático para cada uno. Los equipos esprintan cerrados hacia su neumático, pasan todos a través de él y vuelven a la posición de partida.

2. Carreras numéricas

- En fila india (fig. 336)

El entrenador va gritando números sin llevar un orden. Aquellos a quienes corresponden los números corren a velocidad máxima pasando junto a su grupo, alrededor de la banderilla (cono) de delante, de vuelta junto al grupo, alrededor de la banderilla (cono) de detrás y de vuelta a su sitio. El primero recibe tres puntos, el segundo dos y el último un punto. Los primeros jugadores de los grupos A, B y C calculan la suma de los puntos de su fila. ¿Qué grupo consigue más puntos?

- En línea (fig. 337)

Como anteriormente, se arranca una vez que el entrenador ha gritado un número.

- En círculo (fig. 338)

Sobre la línea circular del centro del campo se sitúan de pie o caminan tres o cuatro equipos de entre cuatro y seis corredores, en grupos compactos y a la misma distancia de los otros equipos. Se asigna un número a los corredores de los grupos. El corredor con el número de posición que corresponde al grito del entrenador sale de la fila, rodea el círculo por fuera e intenta ser el primero en volver al hueco que ha dejado en su grupo.

- En recorrido oval (fig. 339)

Cada equipo coloca sus neumáticos en fila, y cada corredor tiene asignado un neumático. Las posiciones están

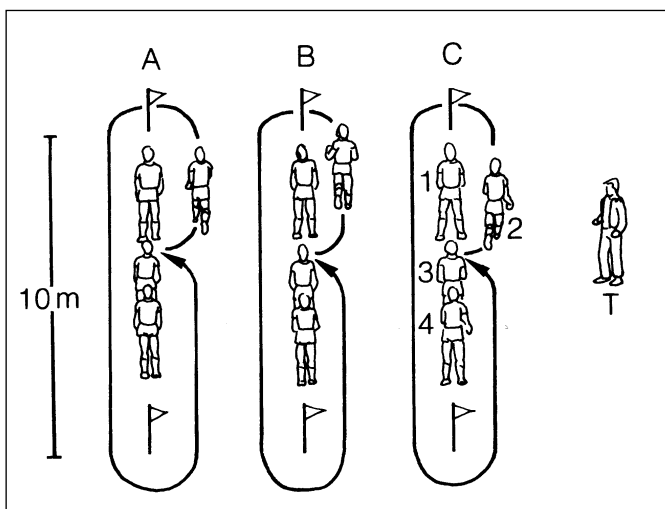


Figura 336. Carrera numérica en fila india

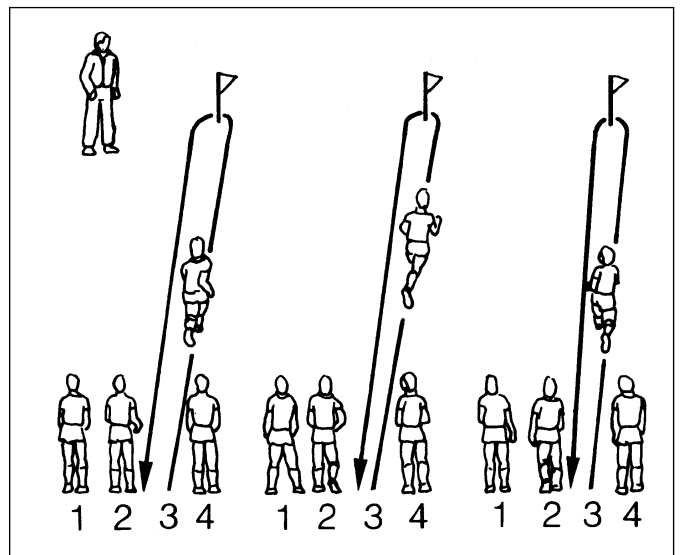


Figura 337. Carrera numérica en línea.

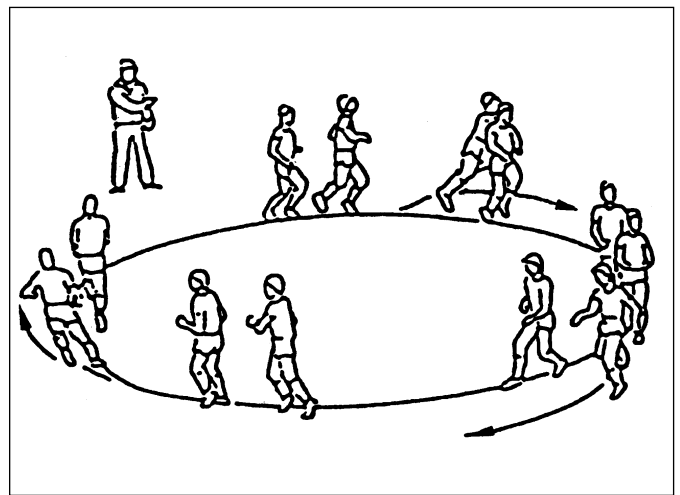


Figura 338. Carrera numérica en círculo con cambio de lado.

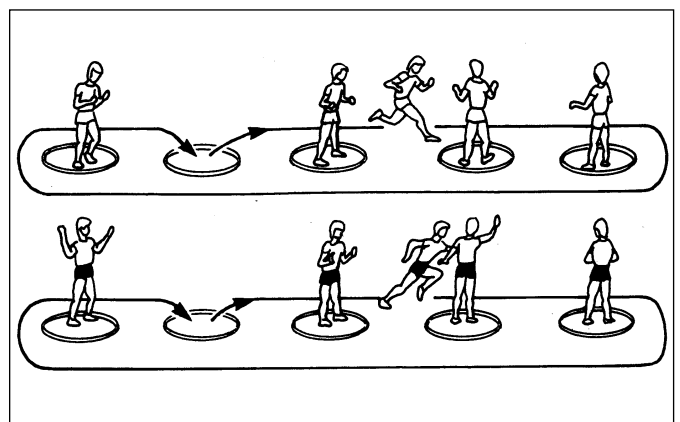


Figura 339. Carrera numérica en recorrido oval.

numeradas, correspondiendo un número a cada corredor. Cuando se grita un número, el jugador corre en el sentido establecido alrededor de la fila de neumáticos propia, hasta alcanzar de nuevo la posición de partida. ¿Quién es más rápido?

3. Juegos de cambio y de búsqueda de sitio

Estos juegos exigen una reacción y un arranque rápidos. Son muy apropiados además para mejorar la capacidad de orientación espacial, tan importante para los juegos deportivos (visión global del juego). Las exigencias planteadas mejoran sobre todo la velocidad de percepción, de anticipación y de decisión.

• *Cambio de línea:*

Realización. Partiendo del decúbito prono detrás de la línea de fondo y de la línea de 16 m, cambio de lado después del silbido.

Atención. Con niños no entrenados (sobre todo en el ámbito escolar) pueden producirse choques de consecuencias indeseadas si los grupos corren en formación demasiado compacta. Debe adaptarse la distancia a la capacidad de rendimiento.

• *Cambio de bastón*

Realización. Grupos de dos niños se sitúan a una determinada distancia uno frente a otro (al principio a 1 metro más o menos, posteriormente 3 metros y más) y mantienen un bastón sueco (o similar) en posición vertical sobre el suelo. ¿Qué pareja consigue cambiar de sitio a la distancia mayor antes de que caiga el bastón? (hay que atraparlo con la mano). La dificultad específica de esta forma de ejercicio consiste en que el arranque se combina con una tarea suplementaria, que ejercita la visión periférica.

• *Cambio de sitio en círculo*

Los neumáticos se colocan en círculo y los ocupan dos equipos ordenados de tal modo que los neumáticos situados en frente lleven los mismos números. Los corredores, al ser llamados por su número, cambian de lado con la mayor velocidad posible e intentan llegar los primeros al neumático situado enfrente (v. fig. 340).

Variación. Disposición como antes, aunque con una marca en el centro del círculo. Los corredores, al ser llamados por su número, corren alrededor de la marca e intentan llegar a la posición de partida antes que el otro.

Esta breve lista no pretende ser exhaustiva; puede completarse o modificarse a voluntad. El interés de esta enumeración es más bien mostrar las posibilidades de trabajar de forma variada la velocidad, la fuerza rápida y la reacción.

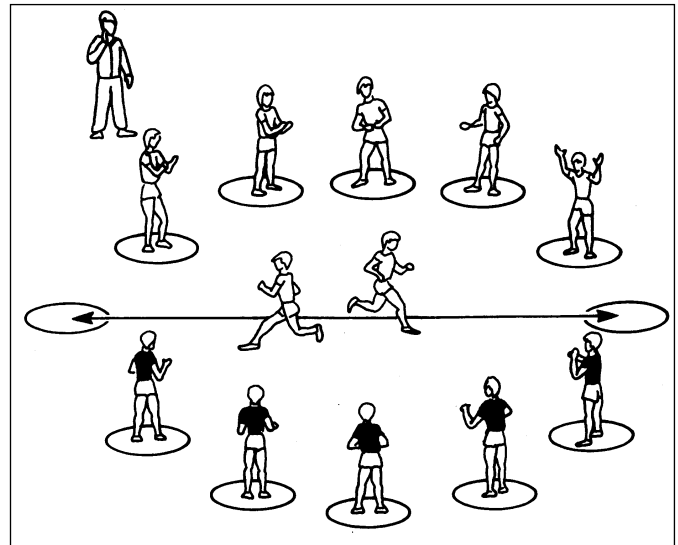


Figura 340. Carrera numérica en círculo con cambio de lado.

Con el paso de los años, los contenidos de entrenamiento tomados de la actividad de los adultos van sustituyendo a las formas de juego puras (después de la pubertad y al inicio de la adolescencia).

Podemos afirmar como resumen:

Todos los juegos menores deberían adaptarse y modificarse teniendo en cuenta la capacidad de rendimiento de los participantes y el objetivo y la tarea del momento. No se debería sobrecargar a los niños con formas que sobrepasen su capacidad de comprensión. Ello exige del entrenador planteamientos variados de los juegos.

En la edad infantil la marcada pulsión por el movimiento, la necesidad de cambiar con frecuencia la actividad lúdica y las circunstancias fisiológicas (escasa capacidad aláctica y láctica) exigen la adaptación –en calidad y en cantidad– de los contenidos de entrenamiento a las etapas concretas. El principio rector debe ser la *adecuación* de los contenidos de trabajo a las características de la infancia. Debemos buscar sobre todo la elección correcta de las distancias recorridas y del número de repeticiones: se debería correr distancias cortas dentro de unos planteamientos siempre cambiantes de las tareas.

Principios metodológicos básicos para el entrenamiento de la velocidad en las edades infantil y juvenil

(cf. Weineck, 1993, 31-32)

- La velocidad se debería trabajar ya en un momento temprano, de forma que podamos ampliar los límites deter-

minados genéticamente antes de concluir el desarrollo completo del SNC.

- La velocidad y las capacidades que la determinan se tienen que desarrollar de forma diferenciada. Primero se consolidan las condiciones elementales de la velocidad y a continuación las complejas, con métodos y contenidos adecuados. En el entrenamiento de base no se debería valorar todavía el desarrollo de la resistencia de la velocidad en tanto que componente complejo de la velocidad. El entrenamiento complejo, específico de la disciplina, de la aceleración y de la velocidad no adquiere relevancia hasta el inicio de la fase de entrenamiento de consolidación. Sin embargo tampoco conviene abandonar en este momento el trabajo de las condiciones elementales de la velocidad.
- El desarrollo de las condiciones elementales de la velocidad en las edades infantil y juvenil no sólo interesa en las modalidades y disciplinas en las que la velocidad es factor determinante, sino también en aquellas que plantean exigencias elevadas en los planos de la resistencia, la fuerza o la técnica.
El entrenamiento de niños y jóvenes se debería configurar en todas sus etapas de cara a la velocidad.
- El grado de complicación de muchos movimientos de competición y el estadio de desarrollo, aún escaso, de las condiciones energéticas y de constitución física no suelen permitir, en el entrenamiento de niños y jóvenes, un trabajo de la velocidad en consonancia con las previsibles exigencias futuras planteadas por el movimiento de competición. En esta etapa, los ejercicios de velocidad se caracterizan por una importancia mínima de las exigencias de fuerza en comparación con el movimiento de competición, esto es, creamos unas condiciones de ejercicio que permitan velocidades de movimiento y de acción especialmente elevadas, así como un reconocimiento y un procesamiento rápidos de la situación (Bauerfeld/Voss, 1992, 85).
- Debemos considerar el aprovechamiento de las etapas sensibles del desarrollo (época de las mayores tasas de crecimiento).
- Dado que el desarrollo de las condiciones elementales de la velocidad, expresado por los cocientes de velocidad, se produce sobre todo entre los 7 y los 9 años, y entre los 12 y 14 (chicas) y los 13 y 15 años (chicos), el trabajo de carrera coordinativo y multilateral debería tener lugar sobre todo en estas etapas.
- El desarrollo de los programas motores neuromusculares elementales, que permite alcanzar rendimientos de elite en la edad de alto rendimiento, es una tarea esencial del entrenamiento de base y de consolidación.
- Las edades escolares temprana y tardía son “las mejores edades para el aprendizaje”. Las condiciones físicas –rela-

ciones peso/fuerza y relaciones de palanca favorables– y psíquicas –pulsión por el movimiento, curiosidad, gusto por el riesgo, estado anímico básico positivo, entusiasmo por el deporte– permiten trabajar todas las técnicas básicas de forma multilateral y ya en un alto nivel de realización.

- En los niños debería buscarse ya una economía de movimientos óptima (soltura, capacidad de relajación). Los contenidos de entrenamiento que persiguen este objetivo deberían figurar en el ABC de la carrera en todo momento.
- El interés de los niños está centrado en la diversión, el entretenimiento, la amenidad y la competición de carácter lúdico. Por este motivo, el tema de la velocidad se debería abordar a través de muchos juegos menores, de forma diversa y con numerosas variantes. No obstante, el concepto de “multilateralidad” no hemos de entenderlo como “cajón de sastre confuso”, sino como una variedad selectiva que optimiza los programas de velocidad relevantes para la carrera de corta distancia.
El objetivo de una formación multilateral debería reflejarse, entre otros aspectos, en la práctica de muchos deportes. Por ejemplo, la carrera rápida se ejercita en los diversos juegos con balón de una forma mucho más completa, divertida y amena que en el atletismo tradicional.
- El desarrollo de la velocidad tiene lugar de forma muy variada dependiendo de la edad biológica: los niños y jóvenes acelerados alcanzan en muchos casos, debido a unas mejores condiciones de fuerza, rendimientos de carrera destacados en momentos muy tempranos. Por el contrario, los retardados presentan la mejora de sus rendimientos de carrera en un momento posterior, y a menudo de forma escalonada.
- La intensidad del ejercicio debe determinarse consiguiendo grados elevados y máximos, necesarios para el desarrollo de la velocidad.
Sin embargo, para evitar la formación precoz de un estereotipo motor (programa motor fijo del SNC), que posteriormente sería difícil de modificar, este grado máximo de intensidad debería integrarse en el proceso del entrenamiento de una forma extremadamente variada.
- La duración del ejercicio debe configurarse de forma que la velocidad no descienda hacia el final del ejercicio por la aparición de fatiga. Para los niños esto significa que debe evitarse la distancia y la duración de los recorridos que provoquen hiperacidosis, con el correspondiente empeoramiento de la capacidad de rendimiento coordinativo. En el ámbito cíclico –dependiendo de la edad y del estado de entrenamiento– no se debería superar los tiempos de carga de entre 3 y 5 segundos, en consonancia con la escasa capacidad aláctica que presentan los niños.

- La distancia de recorrido óptima se establece en función del objetivo de entrenamiento: si queremos trabajar la capacidad de aceleración, optaremos por una longitud acorde con el estado de rendimiento del individuo en este ámbito (entre 15 y 30 m); en cambio, si queremos trabajar el segmento de velocidad máxima –que en ámbito infantil se sitúa entre los 20 y 30 m aproximadamente–, recorreremos más o menos esta distancia después de una salida lanzada.

Finalmente, si el objetivo del entrenamiento es trabajar la resistencia de la velocidad –objetivo que no debería abordarse hasta la edad del entrenamiento de consolida-

ción, y de forma progresiva–, se eligen distancias acordes con la edad, que superen ligeramente el recorrido de competición.

- Los descansos entre cargas repetidas deben garantizar una regeneración óptima de la capacidad de rendimiento. Las duraciones de pausa recomendadas entre series de carreras se sitúan entre 4 y 6 minutos.

Con la práctica de relevos adecuados a los niños, en distancias ultracortas (entre 15 y 20 m), los descansos de un minuto aproximadamente son suficientes para una regeneración completa.

Contenidos de entrenamiento	Entrenamiento de base		Entrenamiento de profundización
	(Trabajo de fundamentos) de 8 a 11 años	(Trabajo selectivo) de 12 a 15 años	
Formas de juego y de competición	<ul style="list-style-type: none"> • Juegos deportivos • Juegos menores con orientación precisa • Entusiasmo por el ejercicio en común 	<ul style="list-style-type: none"> • Selectivo en los planos coordinativo y/o de condición física (saltos, lanzamientos, carreras) • Juegos deportivos (técnica) 	(1ª fase) de 12 a 15 años <ul style="list-style-type: none"> • Sobre todo juegos deportivos (dado el caso modificados selectivamente, p. ej., resistencia de velocidad)
Técnica / ABC del esprint	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo técnicamente limpio de la articulación del pie • Carrera sobre las almohadillas de los pies 	<ul style="list-style-type: none"> • Realización técnicamente limpia de todos los ejercicios del ABC del esprint • Condiciones coordinativas básicas (cf. texto) 	<ul style="list-style-type: none"> • Salida agachada • Carrera de esprint (carrera relajada de diferentes intensidades) • Carrera de vallas
Entrenamiento de locomoción variado desde el punto de vista coordinativo	Formas de juego y de competición variando <ul style="list-style-type: none"> • la dirección del movimiento • el tipo de movimiento • la frecuencia de movimiento • la amplitud de movimiento Formas de juego y de competición integrando los aspectos mencionados	<ul style="list-style-type: none"> • Direcciones y tipos de movimiento diferentes • Frecuencias máximas • Diferenciación de la pierna izquierda/derecha • Entrenamiento asimétrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Como preparación y como componente de sesiones de entrenamiento de la aceleración y de la velocidad
Entrenamiento de relevos	Formas de juego y de relevos con entrega de testigo	<ul style="list-style-type: none"> • Formas de relevo (la entrega del testigo es decisiva, a veces modificando el espacio) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio reglamentario del testigo, siendo decisivo el tiempo empleado en dicho cambio
Entrenamiento de aceleración/velocidad (carreras al esprint)	Ejercicios sin objetivo (empleo de tiempos como tests o control)	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre todo para la puesta en práctica de las indicaciones técnico-coordinativas (cf. texto) • A intervalos regulares como test o control 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo sistemático del tiempo de los 30 m con salida agachada y de los 30 m lanzados
Entrenamiento de la resistencia de la velocidad		(Formas de juego aisladas, en fases parciales, con carga láctica)	Inicio del entrenamiento de la resistencia de la velocidad (sobre todo extensivo, con carreras cortas)

Tabla 59. Importancia relativa de los contenidos de formación para el desarrollo de la velocidad en las diferentes etapas (de Lehmann, 1993, 16)

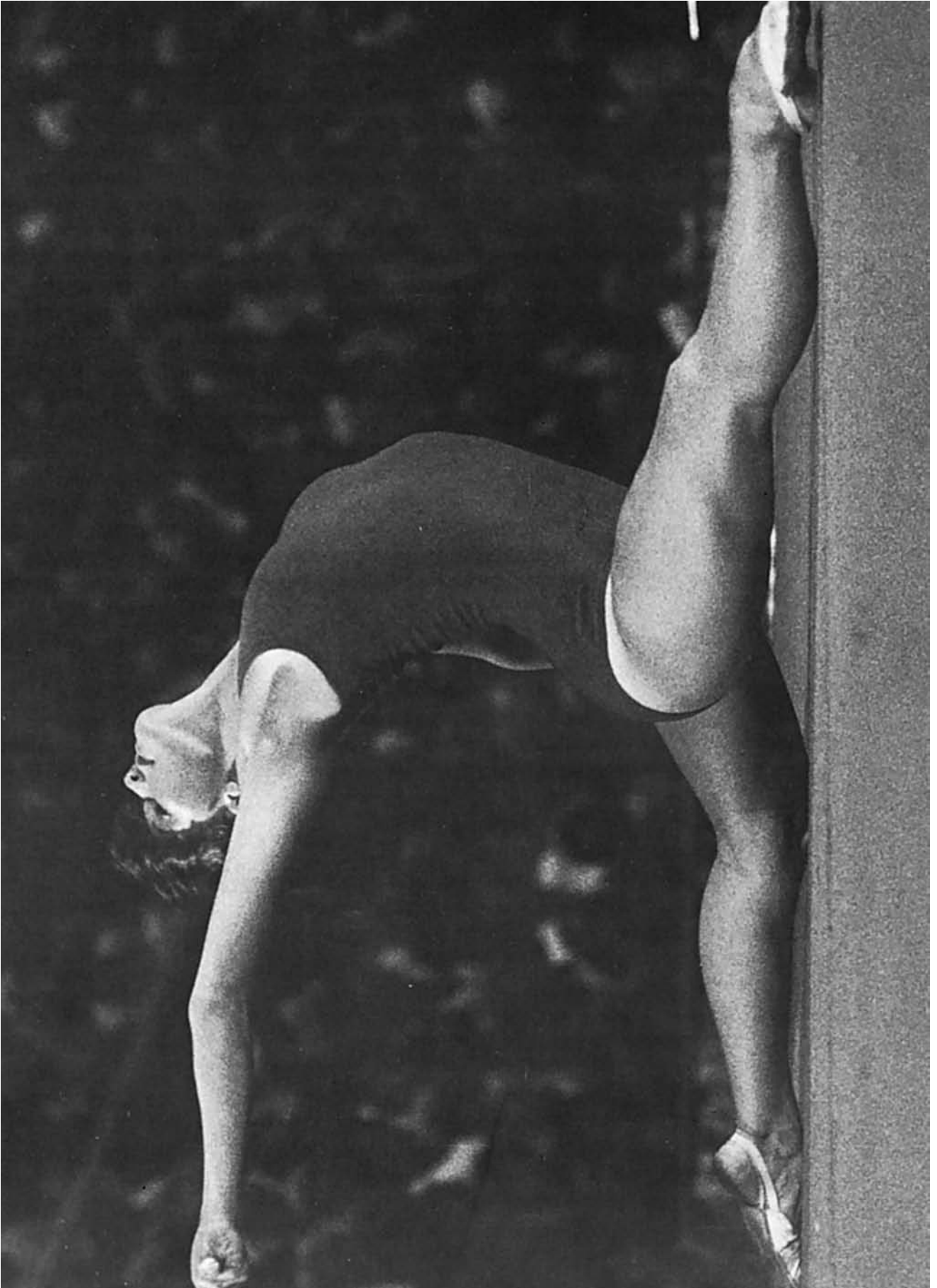
- El proceso de entrenamiento a largo plazo se debe estructurar de tal manera que, avanzando de lo fácil a lo difícil, se transmitan en su debido momento unos fundamentos extensos para un posible despliegue del rendimiento máximo.
- En la primera fase puberal el marcado crecimiento en sentido longitudinal suele producir cambios que desequilibran las relaciones fuerza/peso y las relaciones de palanca: se puede provocar así un empeoramiento del cociente de velocidad. Si se practican carreras máximas de forma monótona y predominante (con salidas o “lanzadas”) durante un período largo, puede darse una fijación del estereotipo motor de peor calidad, con la correspondiente consolidación de una barrera de la velocidad.
- El máximo individual en la edad del alto rendimiento sólo se puede conseguir con un desarrollo óptimo de todos los factores de la velocidad determinantes para el rendimiento, que incluyen no sólo los dos componentes prin-

cipales, la coordinación y la fuerza, sino también la movilidad, una resistencia de base suficientemente desarrollada y una serie de factores psíquicos. Este desarrollo sólo se consigue con un trabajo previo específico en las etapas de entrenamiento de base y de profundización.

La tabla 59 presenta una visión global de la orientación de los contenidos formativos para el esprint en atletismo en las etapas de entrenamiento de base y de profundización.

Importante:

En el entrenamiento de base, el papel protagonista corresponde más a las condiciones elementales del rendimiento, y en el entrenamiento de profundización, más a las condiciones complejas (cf. Voss, 1993, 6; Lehmann, 1993, 16).



15 Entrenamiento de la movilidad

La movilidad es una característica relativamente autónoma de la capacidad de rendimiento deportivo (v. fig. 2), y dentro de las principales formas de trabajo motor ocupa una posición intermedia entre las capacidades condicionales y las coordinativas.

Definición

La movilidad es la capacidad y cualidad del deportista que le permite efectuar movimientos de una gran amplitud de recorrido, por sí mismo y bajo el influjo de fuerzas de apoyo externas, en una o en varias articulaciones.

Como sinónimos de la movilidad encontramos a menudo *flexibilidad* o *elasticidad*. En cambio, la *movilidad articular* (relacionada con la estructura de la articulación) y la *capacidad de estiramiento* (relacionada con los músculos, tendones, ligamentos y el aparato capsular) se deberían entender como componentes, y por tanto como nociones subordinadas del concepto general de movilidad (Frey, 1977, 351).

Tipos de movilidad

Distinguimos entre movilidad *general* y *específica*, *activa*, *pasiva* y *estática*.

Hablamos de *movilidad general* cuando ésta se encuentra en un nivel de desarrollo suficiente en los sistemas articulares más importantes (articulaciones del hombro y de la cadera, columna vertebral). Se trata, pues, de un criterio relativo, ya que el asentamiento de dicha movilidad gene-

ral es mayor o menor dependiendo del nivel de actividad (deportista aficionado, de alto rendimiento) (cf. Martin, 1977, 158).

Hablamos de *movilidad específica* cuando nos referimos a una articulación concreta. Así, por ejemplo, el corredor de vallas necesita una movilidad pronunciada en la articulación de la cadera.

Con el concepto de *movilidad activa* entendemos la amplitud de movimiento máxima, en una articulación, que el deportista sea capaz de conseguir mediante contracción de los agonistas, y el consiguiente y paralelo estiramiento de los antagonistas.

Con el concepto de *movilidad pasiva* entendemos la amplitud de movimiento máxima, en una articulación, que el deportista sea capaz de conseguir bajo el influjo de fuerzas externas (compañero, aparatos), con la sola capacidad de estiramiento y de relajación de los antagonistas (cf. Harre, 1976, 172).

La movilidad *pasiva* es siempre mayor que la movilidad *activa*.

La diferencia entre movilidad activa y pasiva se conoce con el nombre de *reserva de movimiento* (Frey, 1977, 352). La reserva de movimiento nos informa, entre otras cuestiones, sobre las posibilidades de mejorar la movilidad activa mediante un fortalecimiento selectivo de los agonistas y una mayor capacidad de estiramiento de los antagonistas.

Por *movilidad estática* entendemos la capacidad de mantener una posición de estiramiento durante un período de tiempo determinado. Desempeña un papel decisivo en el llamado *stretching* (v. pág. 446).

Importancia de la movilidad

La movilidad es un requisito elemental para una ejecución cualitativa y cuantitativamente buena del movimiento (Harre, 1976, 170). Su perfeccionamiento óptimo, adaptado a las exigencias de cada modalidad, actúa positivamente y de forma compleja sobre el desarrollo de ciertos factores físicos del rendimiento (p. ej., fuerza, velocidad y otros) y de ciertas capacidades deportivas (p. ej., técnicas).

Al mejorar la movilidad, los ejercicios se pueden practicar con mayor amplitud de movimiento, con mayor fuerza, velocidad, facilidad, fluidez y expresión (cf. Bull/Bull, 1980, 678).

Por tanto, el trabajo de la movilidad es un componente insustituible del proceso de entrenamiento.

Las ventajas de una movilidad desarrollada de forma óptima (no máxima) se pueden describir de la siguiente manera:

- *Optimización de la ejecución motora en sus aspectos cualitativo y cuantitativo*

Sin una musculatura suficientemente capacitada para el estiramiento, y por tanto para la relajación, el movimiento completo en sus facetas técnica y coordinativa apenas resulta posible, pues la ejecución dinámica no se puede optimizar en términos espacio-temporales.

La ligereza y la gracia de una bailarina de *ballet*, de una gimnasta o una patinadora de la modalidad artística se explica en gran medida por una movilidad desarrollada en alto grado. Dicha movilidad favorece el vigor expresivo, valioso estéticamente, de muchos movimientos parciales o totales del cuerpo.

Un alto grado de movilidad optimiza el flujo de movimientos y la armonía y la expresividad de dichos movimientos.

- *Optimización de la capacidad de rendimiento coordinativo y técnico y del proceso de aprendizaje motor*

En el proceso de entrenamiento deportivo, la ejecución de ciertos movimientos resulta imposible sin el correspondiente entrenamiento de la movilidad; pensemos en las diferentes técnicas de gimnasia o en los elementos de la gimnasia rítmica deportiva, que exigen una capacidad extrema de estiramiento de la articulación de la cadera.

¿Cómo podría ejecutarse un *spagat* lateral o transversal en el suelo, una apertura extrema de las piernas en la barra fija o una “pirueta de Billmann” en patinaje artístico con una movilidad insuficientemente desarrollada? Una movilidad

escasa dificulta de muchas maneras el posterior desarrollo coordinativo-técnico y detiene la evolución del rendimiento.

Una movilidad desarrollada de forma óptima amplía el abanico de posibilidades en cuanto a las técnicas motoras específicas de la modalidad, y acelera el proceso de aprendizaje motor.

- *Optimización de las formas principales de trabajo motor físico*

Fuerza

Si el grado de movilidad es elevado, podremos efectuar movimientos con mayor fuerza y velocidad, pues el recorrido de aceleración se prolonga y la resistencia de los antagonistas se reduce; al mismo tiempo se incorporan, de forma refleja, más fibras musculares a la secuencia motora, como consecuencia de un mejor estiramiento previo.

Los músculos acortados y sin una capacidad de estiramiento suficiente producen menos fuerza.

Velocidad

En el *sprint* la movilidad desempeña un papel relevante para la corrección de la técnica de carrera. Por una parte, un estiramiento previo óptimo en la articulación talocrural –basado en la capacidad de estiramiento de la musculatura de la pantorrilla– permite un mayor impulso de fuerza en el apoyo del pie. Por otra parte, el hecho de llevar la pierna de impulso hasta las nalgas garantiza un avance con mayor fuerza y velocidad; de esta forma el estiramiento previo es óptimo en los músculos de la cadera responsables de dicho avance, sobre todo en el músculo recto femoral.

Resistencia

Los deportistas de modalidades de resistencia practican en nuestros días un programa selectivo de estiramiento de sus músculos de carrera, pues está comprobado que una mejora de la movilidad produce una mayor economía de carrera y un menor gasto energético. La reserva de movimiento permite efectuar los movimientos de carrera con mayor facilidad, esto es, con mejor resistencia de los antagonistas; de esta forma disminuye el trabajo de los agonistas.

- *Profilaxis de las lesiones*

La eficacia de un entrenamiento de la movilidad orientado hacia la prevención de las lesiones puede comprobar-

se en una larga serie de estudios (cf. Wiktorsson–Möller, 1983, 349; Henricson y cols., 1983, 74; Ekstrand y cols., 1983, 116; Schober y cols., 1990, 88).

Una movilidad desarrollada en un grado óptimo mejora la elasticidad y la capacidad de estiramiento y de relajación de los músculos, tendones y ligamentos que trabajan, aumentando significativamente la tolerancia frente a las cargas y contribuyendo también a la profilaxis de las lesiones.

- *Profilaxis postural/prevenición de desequilibrios musculares*

Con el estiramiento de los músculos responsables de trabajos de fuerza o de velocidad, normalmente hipertónicos, se puede impedir a largo plazo un acortamiento muscular con todas sus consecuencias negativas (v. pág. 303). Asimismo, los acortamientos musculares provocados por posturas pasivas prolongadas (p. ej., la postura sedente durante horas) se pueden compensar mediante un estiramiento regular (v. pág. 446).

- *Optimización de la recuperación*

El *stretching* y otras técnicas de estiramiento se utilizan antes del entrenamiento y de la competición para la profilaxis de las lesiones, pero también en el momento del enfriamiento (*cool down*) para una regeneración más rápida después de la carga.

Dado que en este momento la musculatura presenta un mayor grado de tensión (un mayor tono muscular) –nos referimos sobre todo a los rendimientos de fuerza y de velocidad–, poco favorable para los procesos de recuperación, deberemos estirla aún más después de la carrera de relajación para disminuir el tono, optimizando así los procesos de regeneración que se inician en este momento (v. pág. 449).

- *Psicorregulación*

Una musculatura en tensión está asociada a una psique también en tensión. Por ello el estiramiento de la musculatura produce no sólo una disminución del tono muscular, sino también una relajación psíquica, que acelera la regeneración después de la carga.

- *Optimización de la actitud ante el entrenamiento/agotamiento del potencial de rendimiento*

Cuando los deportistas se mantienen sin lesiones durante un tiempo prolongado, pueden agotar mejor su potencial de rendimiento, pues entrenan con mayor regularidad y mantienen su capacidad de rendimiento en evolución, sin trastornos.

Como muestran los estudios de Martin/Borra (1983, 1211), los deportistas sin problemas en el aparato muscular, tendinoso y ligamentario presentan una actitud mental más positiva frente a un entrenamiento duro y a largo plazo.

El deportista “siempre lesionado” termina por dudar del provecho que le reporta el duro trabajo, al verse obligado a empezar una vez más desde cero; aumenta la tendencia a la resignación y ello repercute decisivamente sobre su motivación para entrenar.

Por tanto, una profilaxis eficaz de las lesiones permite agotar completamente, a corto y a largo plazo, el potencial de rendimiento individual, y favorece una actitud óptima ante el entrenamiento.

Entrenabilidad de la movilidad

La forma más rápida de desarrollar la movilidad consiste en un entrenamiento una o dos veces al día (Harre, 1976, 174). El trabajo principal debe efectuarse en la edad óptima para el entrenamiento de la movilidad, esto es, en la etapa entre los 11 y los 14 años (Sermeiev, 1964, 436). Si el proceso de entrenamiento se dosifica correctamente, sólo necesitaremos, según Zaciorski (1972, 111), mantener posteriormente el nivel alcanzado.

Fundamentos anatómo-fisiológicos del entrenamiento de la movilidad

La movilidad dependiendo de la estructura articular

Como ya hemos mencionado al explicar el concepto de movilidad, la movilidad articular resulta de la forma y la conducción de los huesos que forman la articulación, esto es, de las superficies articulares; la forma y conducción, al estar determinadas genéticamente (Farfel 1979, 32), pueden presentar diferencias más o menos marcadas en función de las distintas circunstancias anatómicas individuales.

La movilidad articular, al igual que la capacidad de estiramiento, se puede mejorar –aunque sólo en un grado limitado– mediante entrenamiento intensivo de la movilidad.

Como muestran varios estudios efectuados con bailarines de ballet de ambos sexos (Berquet, 1979, 3225), dependiendo de la duración del trabajo en el ámbito de las articulaciones entrenadas –sobre todo en la articulación de la cadera–, aparece un aumento de la movilidad explicable por los cambios inducidos por la carga en dichas articulaciones.

Movilidad y masa muscular

La masa muscular, cuando se desarrolla de forma extrema –en los casos, p. ej., del levantador de pesas o el culturista– puede producir una restricción de la movilidad puramente mecánica (“no pueden correr de pura fuerza”). No obstante, en el acontecer de la vida deportiva una restricción de la flexión como causa mecánica de una menor movilidad constituye un hecho excepcional. El ejemplo de los gimnastas –que impresionan por una musculatura extraordinariamente bien desarrollada, acompañada de una movilidad asimismo excepcional– muestra que en principio la fuerza y la movilidad no se excluyen mutuamente. Harre (1976, 171) ha podido constatar que en un entrenamiento específico de la movilidad la capacidad de estiramiento de la musculatura no sufre por causa del aumento de masa muscular (hipertrofia).

Una musculatura hipertrofiada, y como consecuencia una mayor fuerza muscular, suponen desde el punto de vista de la movilidad un ámbito de posibilidades abiertas, y no sólo una fuente de posibles restricciones.

La *movilidad activa* –de importancia general en el ámbito del deporte– no depende sólo de la capacidad de estiramiento de los *antagonistas*; el apoyo en ángulo agudo en las barras paralelas o los saltos con apertura de piernas y amplitud de movimiento máximas durante un ejercicio en el suelo sólo se pueden efectuar con una capacidad de rendimiento muscular muy desarrollada; en este caso, la fuerza es factor determinante para la amplitud del movimiento.

Movilidad y tono muscular

La capacidad de estiramiento de la musculatura está limitada por la resistencia al estiramiento de las estructuras musculares y por el tono y la capacidad de relajación de los músculos.

Para el tono muscular y la capacidad de relajación los husos musculares desempeñan un papel importante: se trata de receptores del estiramiento, que discurren en paralelo a las fibras musculares. La regulación nerviosa central del tono muscular tiene lugar a través de los husos musculares; por ejemplo, la musculatura de la espalda y del abdomen tiene que mantener en todo momento una tensión mínima determinada (tono de reposo) para garantizar la continuidad de la postura corporal erguida. En función de las necesidades, dicho tono muscular desciende (p. ej., en el sueño) o aumenta (con actividad muscular).

Para la capacidad de estiramiento, el tono muscular y la capacidad de relajación muscular desempeñan un papel importante, pues un tono muscular elevado y una menor capacidad de relajación muscular elevan la resistencia muscular para los ejercicios de estiramiento y pueden restringir la movilidad en su conjunto. Esta situación supone

un obstáculo para el rendimiento, sobre todo en modalidades cuyo factor decisivo es un buen estiramiento previo de la musculatura de trabajo seguido de una fuerza intensa o de una contracción rápida (v. también entrenamiento pliométrico, pág. 257), como por ejemplo lanzamiento de disco o jabalina. Así pues, el desarrollo de una movilidad elevada en el deporte necesita una capacidad de relajación individual y el descenso del tono muscular hasta un grado óptimo, que se puede conseguir mediante ejercicios de relajación o masaje.

Pero los husos musculares no sólo tienen importancia para encontrar el “valor ideal” o para mantener el tono muscular (mediante la conexión o desconexión de fibras musculares); con este mismo mecanismo protegen también la musculatura frente a un estiramiento excesivo, influyendo así indirectamente sobre el alcance de la capacidad de estiramiento muscular.

Este mecanismo de protección mediante restricción del estiramiento funciona de acuerdo con el siguiente esquema (fig. 341):

Si el músculo se estira, lo hacen también los husos musculares conectados en paralelo: se provocan impulsos nerviosos (excitaciones) cuya frecuencia es proporcional al grado del estiramiento. Estas excitaciones llegan a través de las vías sensitivas aferentes al asta posterior de la médula espinal y son conducidas, con la ayuda de los llamados reflejos colaterales y a través de un punto de conexión sináptica, directamente hacia las células motoras del asta anterior, que a través de las vías motoras eferentes inervan las fibras musculares; las vías eferentes acceden a las fibras musculares a través de las placas motoras terminales.

Cuanto más células del asta anterior se excitan de forma sincrónica, y cuanto más rápida es la sucesión de sus impulsos, más fibras musculares se contraen y mayor es la fuerza que se opone a un estiramiento muscular. Si esta fuerza contraria se ve superada por un estiramiento demasiado pronunciado, se puede producir desgarramiento de las fibras musculares o del músculo.

La sensibilidad de los husos musculares ante los estímulos de estiramiento –regulada mediante el llamado sistema motor gamma– puede aumentar o disminuir en función de factores diversos. El hecho tiene cierta relevancia para el entrenamiento de la movilidad:

- La fatiga muscular después de una carga física prolongada (en el caso extremo, asociada a síntomas de agujetas) eleva el umbral de sensibilidad de los husos musculares; con ejercicios de estiramiento ligeros aparece ya una inhibición precoz del estiramiento (las señales son una sensación dolorosa, tensión defensiva refleja de la musculatura). Consecuencia: no entrenar la movilidad en situación de fatiga (v. principios metodológicos básicos, pág. 472).

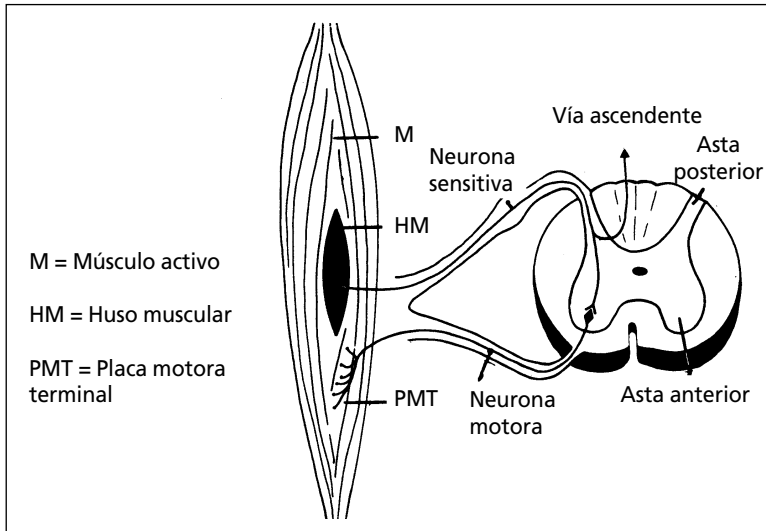


Figura 341. Esquema del arco reflejo (de Keidel, 1973, 485).

- Por la mañana, después de levantarse de la cama, el umbral de sensibilidad de los husos musculares es también elevado. Consecuencia para el entrenamiento: el “valle” o punto bajo de movilidad que se produce el transcurso del día tiene que compensarse mediante un calentamiento más intenso y prolongado de la musculatura.
- En el “estado previo al arranque” desciende la sensibilidad de los husos musculares; al progresar el calentamiento, con unos ejercicios de estiramiento cada vez más intensos, y al mantenerse una y otra vez las posturas de estiramiento, dicha sensibilidad desciende más aún. Los husos musculares se han “habituado” a la postura de estiramiento creciente; se produce un nuevo ajuste del “valor ideal”.

Movilidad y capacidad de estiramiento muscular

En el músculo, la resistencia decisiva al estiramiento no la ofrecen los elementos contráctiles de las fibras musculares –su resistencia no aumenta hasta que aparece la fatiga, esto es, la caída del ATP (ausencia de efecto plastificante; cf. pág. 445)–, sino los componentes conjuntivos del músculo, como, por ejemplo, las fascias y las vainas musculares.

La mejora de la elasticidad del músculo se consigue de diferentes maneras (lo mismo se puede decir de tendones, ligamentos y aparato capsular); por una parte, *a la larga*, influyendo sobre las características mecánicas del músculo mediante los cambios bioquímicos y estructurales producidos por un entrenamiento continuo del estiramiento (cf. Cotta, 1978, 149), y por otra parte, de forma *transitoria*, mediante un calentamiento específico de la modalidad. En este caso, la capacidad de estiramiento de las estructuras elásticas aumenta (hasta un grado óptimo) en proporción al ascenso de la temperatura corporal, y la viscosidad (ro-

zamiento interno) del músculo disminuye por una mayor fluidez del sarcoplasma (v. también el apartado dedicado al calentamiento, pág. 577). No obstante, conviene recordar que la viscosidad contribuye sólo en una décima parte aproximadamente a la cifra global de la resistencia (cf. Johns/Wright, 1962, 824).

Movilidad y capacidad de estiramiento de tendones, ligamentos, cápsulas articulares y piel

La resistencia de las fascias musculares, de los tendones y cápsulas articulares influye decisivamente sobre la movilidad (cf. Ramsey/Street, 1940, 11; Johns/Wright, 1962, 824).

La capacidad de estiramiento del aparato tendinoso, ligamentario y capsular mejora en un grado muy limitado en comparación con la capacidad de estiramiento de la musculatura. El hecho se explica por su función estabilizadora de las articulaciones, que va asociada a un módulo de elasticidad mayor (su capacidad de estiramiento es sustancialmente menor, debido a la consistencia del material).

La movilidad dependiendo de la edad y el sexo

Con el paso de la edad los tendones, ligamentos y fascias presentan, según Cotta (1978, 149), una disminución del número de células, una pérdida de agua y de mucopolisacáridos y un retroceso de las fibras elásticas.

Importancia del número de células. Los tejidos sólo pueden ofrecer un rendimiento mecánico óptimo cuando sus células producen continuamente un rendimiento de síntesis considerable, para compensar la degradación paralela de las sustancias típicas del tejido.

Importancia de los mucopolisacáridos. Los complejos proteínicos de los polisacáridos enmasillan la red espacial de fibrillas de colágeno y de haces de fibrillas y, por su elevada capacidad de combinarse con moléculas de agua, determinan en un grado sustancial el comportamiento mecánico del tejido (Cotta, 1978, 148).

Importancia de la pérdida de agua. La deshidratación que aparece dependiendo de la edad (de un 10-15 % aprox.) y la creciente fijación del tejido modifican las características mecánicas del tejido, pues aumenta la resistencia del tejido al estiramiento y a la tracción, mientras que la capacidad de estiramiento sufre un retroceso con el paso de los años.

La musculatura, por su condición de sistema orgánico de mayor tamaño, está fuertemente expuesta a los cambios debidos a la edad (Cotta, 1978, 150). Así pues, globalmente se produce una pérdida de capacidad de estiramiento en las estructuras responsables de la movilidad. Un entrenamiento regular no puede desactivar estas regularidades debidas a la fisiología de la edad, pero puede influir decisivamente sobre el grado de incidencia de estos procesos.

La elasticidad y la capacidad de estiramiento de la musculatura, de los ligamentos y tendones, y por tanto la movilidad en su conjunto, son algo mayores en el sexo femenino. Así, las chicas llevan ventaja en este aspecto frente a los chicos en todas las fases del desarrollo (Koinzer, 1978, 146), y también las mujeres frente a los hombres. El hecho se explica por las diferencias hormonales; el mayor nivel de estrógenos produce, por una parte, una retención de agua algo mayor (Ganong, 1972, 413), y por otra parte, un porcentaje mayor de tejido adiposo, y consecuentemente menor de masa muscular; por ejemplo, en el perfil transversal del brazo el porcentaje de músculo en la mujer es aproximadamente del 75,7 % respecto al del hombre, y el de tejido adiposo en cambio es casi el doble (Fukunaga, 1976, 259). La capacidad de estiramiento de la mujer es por tanto mayor, dado que la densidad del tejido es menor.

Entre las formas principales de trabajo motor, la movilidad es la única que alcanza sus valores máximos en la transición entre la edad infantil y la juvenil, para descender a continuación.

Movilidad en función del estado de calentamiento

Como se puede ver en la tabla 60, la movilidad depende en una gran medida de las temperaturas externa e interna (v. pág. 444) y de los mecanismos (calentamiento, baño de agua caliente) que elevan dichas temperaturas.

Grosser (1977, 40) llegó a resultados comparables: en sus estudios la movilidad aumentaba sobre todo con las siguientes formas de calentamiento (ordenadas según su eficacia): 1ª: baño de pila de 5 min a 40°C; 2ª: 15 min de calentamiento especial; 3ª: 20 min de masaje manual; 4ª: calentamiento mental; 5ª: 15 min de calentamiento general; 6ª: 15 min de calentamiento mediante un juego; 7ª: sin calentamiento, 20°C de temperatura; 8ª: sin calentamiento, 10°C de temperatura.

Importante. Para mejorar la movilidad todas las formas de calentamiento son preferibles a la ausencia de calentamiento.

Movilidad y fatiga muscular

Si la musculatura sufre una hiperacidosis por el efecto de cargas anaeróbicas intensas –como ocurre, p. ej., al practicar carreras rápidas a velocidad constante según el método interválico o carreras continuas–, y si a continuación no se libera suficientemente de los residuos ácidos del metabolismo (sobre todo del ácido láctico), se produce retraso en la regeneración de una osmolaridad normal, au-

		Después de 10 min de calentamiento al aire libre (sin ropa) Temp. 10°C	Después de permanecer 10 min en la bañera Temp. 40°C	Después de 20 min de calentamiento	Después de un entrenamiento con fatiga
8:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00
- 14	+ 35	- 36	+ 78	+ 89	- 35 (mm)

Tabla 60. Cambios de la movilidad en condiciones diferentes (Ozolin, citado en Zaciorski, 1973, 4)

mento del consumo de agua en las células musculares y tumefacción de éstas, procesos que van unidos a rigidez general del músculo con la correspondiente pérdida de movilidad articular (cf. Martin/Borra, 1983, 1211). La reducción del nivel de ATP en el músculo después de cargas agotadoras provoca igualmente una caída de la movilidad. La ausencia del “efecto plastificante” del ATP impide que las uniones puente establecidas entre los filamentos de actina y de miosina se suelten con la misma velocidad que en estado de recuperación (v. pág. 443).

Movilidad y amplitud del trabajo

Si el músculo se acorta debido a un entrenamiento unilateral, o si el entrenamiento lo trabaja a menudo con una amplitud del movimiento restringida, como ocurre normalmente al trabajar el arranque o la fuerza de salto, se produce una alteración morfológica del músculo. Los estudios de Williams/Goldspink (1971, 757) y Goldspink (1985, 375 s.) muestran que un músculo acortado de forma crónica –lo mismo se puede decir, inversamente, de uno crónicamente estirado– reduce el número de sus sarcómeras (elementos constitutivos mínimos de una fibra muscular).

Estos fenómenos de adaptación, que se producen en un ámbito del 20-30 %, se consuman con gran velocidad y son totalmente reversibles (fig. 334). El músculo se alarga en la fase de crecimiento mediante un aumento de las sarcómeras conectadas en serie (cf. fig. 334), y también en el contexto del correspondiente programa de estiramiento (cf. Tabary y cols., 1972, 231). Por el contrario, un entrenamiento unilateral de la fuerza origina, debido a la hipertonia prolongada (v. pág. 336), un acortamiento y por tanto un descenso del número de sarcómeras.

Debemos procurar en todo momento que el entrenamiento de la fuerza o de la velocidad se practique sobre la amplitud completa, esto es, que los grupos musculares determinantes para el rendimiento –p. ej., los extensores de la rodilla en el esprint y el salto– no se fortalezcan de forma unilateral, acortándose así progresivamente por la acción del desequilibrio muscular resultante (v. fig. 336). Por ello, el entrenamiento de la fuerza (lo mismo se puede decir del entrenamiento de la fuerza de salto, fuerza de lanzamiento y fuerza de arranque) no debe recaer sólo en los “agentes del rendimiento” (agonistas), sino también en su contrapartida (antagonistas). Además, después de cada entrenamiento de fuerza o de velocidad deben estirarse los músculos que han trabajado, para contrarrestar la tendencia al acortamiento (v. también pág. 450).

Métodos del entrenamiento de la movilidad

En correspondencia con los factores que limitan la movilidad distinguimos varios métodos y contenidos para incrementar la flexibilidad.

El método idóneo para el entrenamiento de la movilidad es el método de repeticiones.

Como el efecto de uno o varios estiramientos máximos es insuficiente para el entrenamiento, se recomienda fijar el número de las repeticiones en unas 15, y el de las series, entre tres y cinco (cf. Harre, 1976, 174; Sermeiev, 1964, 434).

Los contenidos específicos para mejorar la movilidad son ejercicios de estiramiento y de relajación.

En el caso de los ejercicios de estiramiento se trata de movimientos sencillos, tomados de la gimnasia elemental e intencional, que dependiendo de su aplicación actúan sobre grupos musculares determinados (Matveiev/Kokolova, 1962, 99).

Los ejercicios de relajación sacuden y sueltan los músculos en las pausas entre los ejercicios, llevándolos a un estado de relajación óptimo.

En la práctica deportiva distinguimos varios métodos, técnicas y ejercicios de estiramiento. Básicamente se los puede clasificar en tres grupos principales (cf. también Beaulieu, 1981, 60): los métodos de estiramientos activo, pasivo y estático.

El método de estiramiento activo

El método de estiramiento activo incluye ejercicios gimnásticos que amplían los límites normales mediante rebotes elásticos y movimientos oscilantes. Se los puede subdividir en ejercicios activo-dinámicos y activo-estáticos.

En los ejercicios de estiramiento *activos-dinámicos* (los llamados “balísticos”) el trabajo de estiramiento se efectúa mediante movimientos repetidos con rebote elástico. En los ejercicios *activos-estáticos* se contraen de forma isométrica los antagonistas de los músculos que se van a estirar en la posición final de estiramiento (mantenimiento de la posición final). Esta fijación en la posición final puede ir precedida de tres o cuatro movimientos oscilantes (rebote elástico y fijación = *ballistic and hold*). El método *activo-estático* produce menor efecto, según Dordel (1975, 44), porque los antagonistas de los músculos flexores estirados y en tensión no producen normalmente la fuerza isométrica necesaria para una modificación longitudinal eficaz, en términos de estímulo, en el músculo que se estira. Por el contrario, el enfoque activo-dinámico aplica estímulos de

estiramiento más pronunciados debido a las fuerzas de inercia producidas, y la intensidad producida por el ejercicio es consecuentemente mayor.

La *ventaja* de los ejercicios de estiramiento *activos* radica en el hecho de que determinados grupos musculares se estiran mediante contracción activa de sus antagonistas, contribuyendo así al fortalecimiento de estos últimos. El método tiene especial relevancia en las modalidades en que la “flexibilidad dinámica” (v. pág. 472) desempeña un papel determinante para el rendimiento. Sin embargo, presenta un *inconveniente* decisivo en el sentido de la mejora continua de la movilidad articular y de la profilaxis de las lesiones.

Los estímulos de estiramiento bruscos debidos al impulso de inercia, que actúan durante un tiempo breve, provocan de forma muy acentuada el reflejo de estiramiento muscular por la vía de los husos musculares (con esta modalidad activa su intensidad supera en más del doble a la que se da con el método estático del *stretching* [cf. Walker, 1981, 801 s.]), y por tanto una restricción del estiramiento, asociada a un riesgo de lesión que no debemos subestimar. Esta restricción del estiramiento transcurre de acuerdo con el esquema descrito en la página 443.

El método de estiramiento pasivo

El método de estiramiento pasivo incluye ejercicios de estiramiento en los que intervienen fuerzas externas: con la ayuda del compañero, o con procedimientos similares, se refuerza el estiramiento de determinados grupos musculares sin que se fortalezcan sus antagonistas.

También los ejercicios de estiramiento pasivo se pueden subdividir en una categoría dinámica y otra estática. En los ejercicios de estiramiento *pasivos-dinámicos* se produce una alternancia rítmica entre aumento y reducción de la amplitud del movimiento, y en los *pasivos-estáticos* se mantiene la postura de estiramiento máximo durante algunos segundos (cinco o seis).

El trabajo pasivo de la movilidad constituye, si se realiza correctamente, una forma de trabajo muy eficaz y útil. Si su realización es inadecuada (por un estiramiento demasiado brusco o demasiado intenso) conlleva un riesgo considerable de lesión, sobre todo en la modalidad pasivo-dinámica, pues aquí se plantea de nuevo el problema de la provocación del reflejo de estiramiento muscular.

El inconveniente de un trabajo puramente pasivo de la flexibilidad consiste en que éste, en contraposición con el método activo, no fortalece de forma paralela a los antagonistas, lo cual le relega a la categoría de método complementario; no cabe, pues, utilizarlo de forma exclusiva para mejorar la movilidad.

El método de estiramiento (*stretching*) estático

El método de *stretching* (del inglés *to stretch* = estirar) consiste en adoptar lentamente (en el plazo de unos 5 seg aprox.) una posición de estiramiento y en mantenerla a continuación (parte estática) durante un tiempo mínimo de entre 10 y 60 s.

Frente a los métodos anteriores y sus variantes, el *stretching* intenta reducir tanto como sea posible la provocación del *reflejo de estiramiento muscular*, lo cual reduce a un mínimo el riesgo de lesiones. Además, en el *stretching* se aprovecha el llamado *reflejo de estiramiento inverso* de los husos tendinosos, que se encuentran en la transición músculo/tendón.

Para comprender mejor el *reflejo de estiramiento inverso*, explicaremos brevemente la función de los husos tendinosos.

Los husos de los tendones son primordialmente receptores de tensión, y protegen el músculo ante el desarrollo de una tensión excesiva (protección frente a la propia rotura). No obstante, responden también ante los estímulos de estiramiento. En todo caso, su umbral de excitación con estímulos de estiramiento es considerablemente mayor que el de los husos musculares. Por tanto, se necesita un estiramiento considerablemente más pronunciado de la unidad funcional músculo-tendón para activar la función de los husos tendinosos en el sentido de un receptor de estiramiento.

Cuando el estiramiento muscular alcanza un umbral crítico, se produce, de forma súbita y bajo el influjo de los husos tendinosos, el fin de la tensión muscular protectora (que hasta entonces había sido inducida por los husos musculares de forma proporcional al estiramiento), y por tanto una relajación de los músculos en cuestión. Hablamos de *inhibición propia o inhibición autógena*, un proceso que —como ya hemos mencionado— debe servir para la protección del músculo y de la inserción muscular.

La provocación del *reflejo de estiramiento inverso* puede llegar de dos maneras: con una contracción muy fuerte (máxima), y con un estímulo de estiramiento fuerte. Ambos mecanismos actúan, dependiendo del método de *stretching*, de forma más o menos pronunciada.

Como ocurría en los ejercicios de estiramiento activos y pasivos, en el *stretching* existen también variantes y combinaciones diferentes. Conviene incluir en la denominación de *stretching* sólo aquellos métodos de entrenamiento que evitan en mayor medida la provocación del reflejo de estiramiento. De entre los muy diversos métodos de *stretching*, los cinco siguientes han alcanzado una difusión general (cf. Sölveborn, 1983, 112/113; Wiemann, 1991, 298 s.; Wydre, 1993, 104):

1. Estiramiento pasivo o "estiramiento lento"

Este tipo de *stretching* es la forma de entrenamiento originaria y con él se mantiene una posición de estiramiento en el ámbito extremo. Se subdivide en dos partes: el estiramiento fácil (*easy stretch*) y el estiramiento de desarrollo (*development stretch*) y el estirón intenso. Con el estiramiento fácil (*easy stretch*) permanecemos 10-30 s en la posición extrema, y en ella deberemos notar cómo decrece la sensación de tensión si los músculos "tienen tiempo" de alcanzar su estiramiento máximo.

En el estiramiento de desarrollo (*development stretch*) se estira todavía un poco más, permaneciendo otros 10-30 s en la posición final.

La aparición de sensación dolorosa se debe evitar, pues en este caso la tensión muscular en el músculo estirado aumenta de forma pronunciada, lo que impide el trabajo de estiramiento.

2. Tensar-relajar (método contract-relax). Estiramiento aprovechando la autoinhibición

Con este método, el músculo que se quiere estirar se pone en tensión máxima inmediatamente antes. De esta forma aprovechamos el efecto inhibitor de los husos tendinosos sobre el reflejo de estiramiento; la autoinhibición, ya descrita, produce una relajación del músculo, permitiéndole adoptar una postura de estiramiento más amplio (fig. 342).

Antes de iniciar el estiramiento de un determinado grupo muscular, sus componentes se ponen en tensión máxima isométrica durante 1 segundo aproximadamente (v. pág. 448), después se relajan completamente durante 2 ó 3 segundos y a continuación se estiran durante 10-30 (60) segundos (cf. Sölveborn, 1983, 13).

Atención. Cuanto más fuerte sea la contracción previa del músculo que se pretende estirar, tanto más intensa será la relajación y tanto más eficaz será el posterior trabajo de estiramiento.

Antes del inicio de la tensión isométrica el músculo debería experimentar un estiramiento previo, de forma pasiva, en la dirección del estiramiento posterior.

3. Tensión-relajación. Estiramiento, aprovechando la inhibición recíproca

Con este método se aprovecha la llamada "inhibición recíproca". Si un músculo se contrae, su antagonista se relaja de forma refleja (fig. 343). Como norma universal:

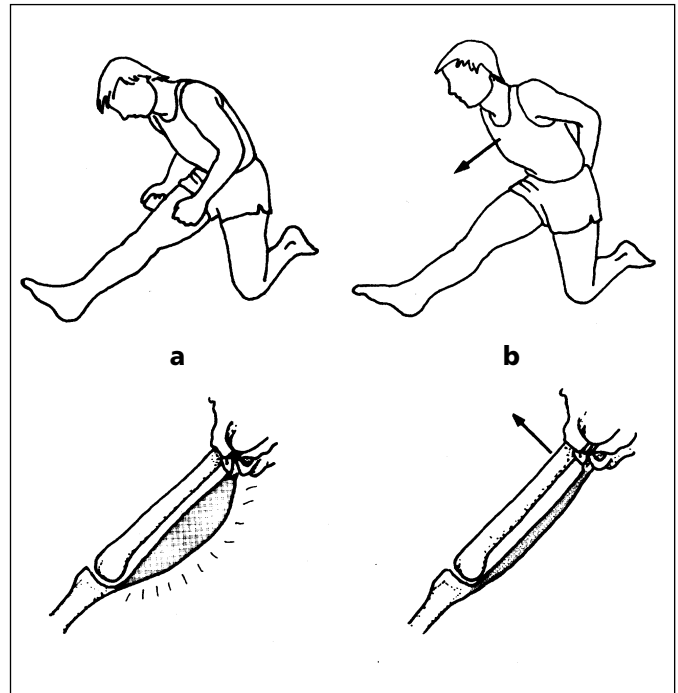


Figura 342. Con el llamado método de tensión-relajación, el músculo se tensa (a) antes del estiramiento (b).

Cuanto más fuerte es la contracción del agonista, tanto más fuerte es la relajación del antagonista.

Para este tipo de *stretching* se aprovecha la *inhibición recíproca*, contrayendo en grado máximo el antagonista del músculo que se quiere estirar. De esta forma el agonista, relajado ahora por vía refleja, se integra de forma óptima en el proceso de estiramiento (fig. 343).

No obstante, este método no se puede aplicar con carácter general, pues la contracción de determinados grupos musculares, como los flexores de los dedos o de la mano, provoca una tensión de los extensores antagonistas, en el sentido de la estabilización de la articulación de la muñeca. En este caso no se consigue la relajación deseada, y por este motivo aconsejamos no aplicar este método de *stretching* en estos grupos musculares.

4. Estiramiento del agonista con contracción simultánea del antagonista

La contracción intensa del antagonista provoca de forma refleja una mayor relajación del agonista, cuya capacidad de estiramiento crece a continuación de manera notable.

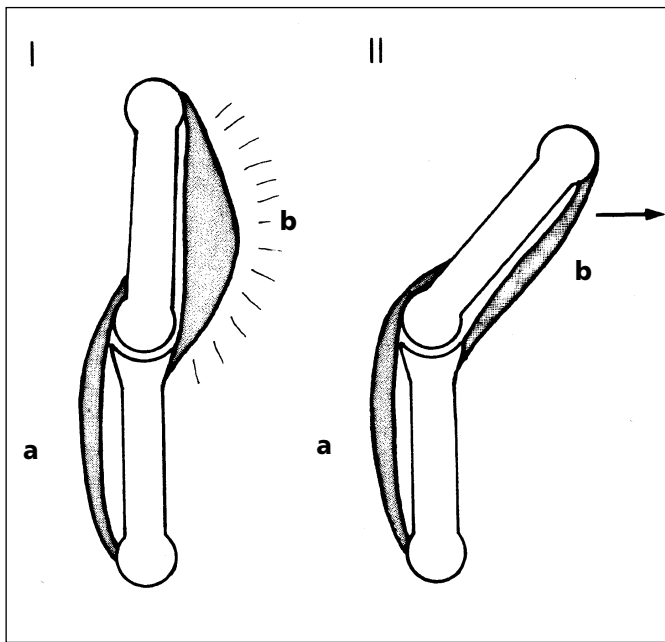


Figura 343. Provocación de la relajación recíproca mediante una contracción previa del antagonista. El músculo que se pretende estirar a continuación se relaja de forma refleja (I) mediante la contracción de su antagonista (músculo b). De esta forma el músculo a puede adoptar posteriormente una posición de estiramiento más pronunciada (II) (Weineck, 1990, 244).

5. Combinación de contracción-relajación y estiramiento con contracción simultánea de los antagonistas

Con este método combinado (cf. Wydra 1993, 104) se intenta combinar las ventajas de una relajación refleja intensa con dos mecanismos de contracción y relajación que discurren en el mismo sentido.

Aquí deberíamos tener en cuenta que el efecto de una tensión muscular voluntaria máxima previa al estiramiento tiene unos límites temporales muy estrechos, y que ha desaparecido completamente al cabo de 5 segundos.

Guissard y cols. (1988, 47) comprobaron que la capacidad para provocar el reflejo de estiramiento está casi totalmente inhibida durante los primeros 5 segundos, de modo que con un estiramiento más prolongado la disposición al reflejo deja de estar inhibida, aunque se reduce (cf. fig. 344).

Los tiempos de contracción más largos no producen un efecto que supere el de la contracción máxima de 1 segundo; son, por tanto, completamente innecesarios.

En conjunto podemos recordar que el estiramiento prolongado originado por la práctica del *stretching* redundante en una mejora pronunciada y duradera de la movilidad, explicable por ciertas alteraciones intermoleculares de los componentes plásticos del músculo (cf. Warren/Lehmann/Koblanski, 1971, 465 s., y 1976, 122 s.; Sapega y cols., 1981, 60).

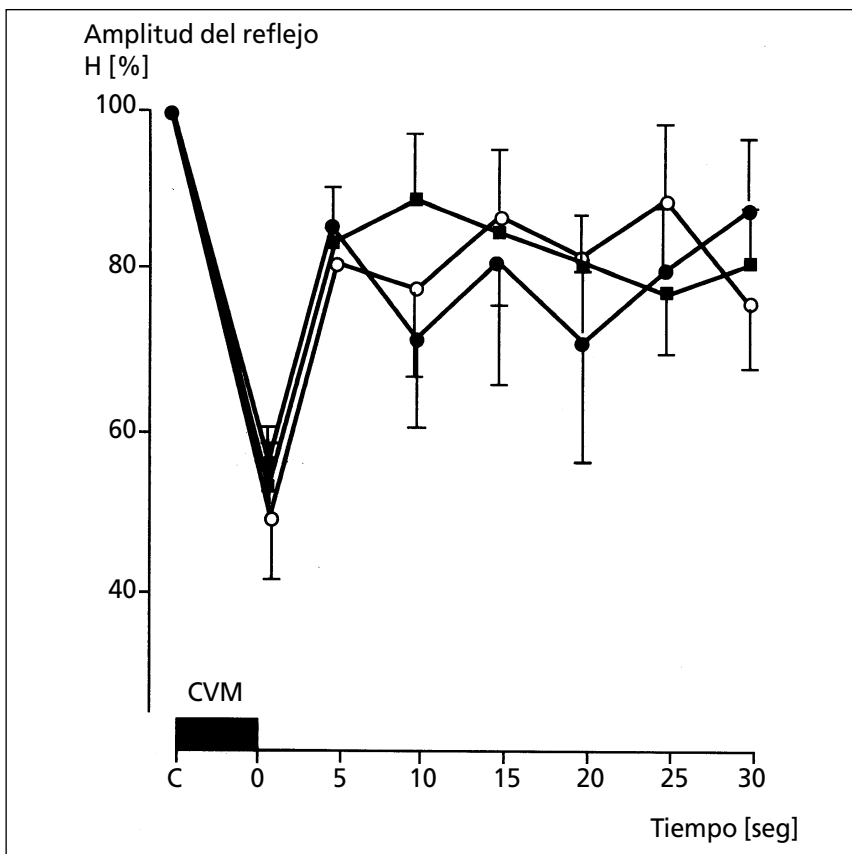


Figura 344. Modificación de la amplitud del reflejo H después de una contracción voluntaria máxima de 1 s, 10 s y 30 s de duración (de Guissard y cols., 1988, 48).

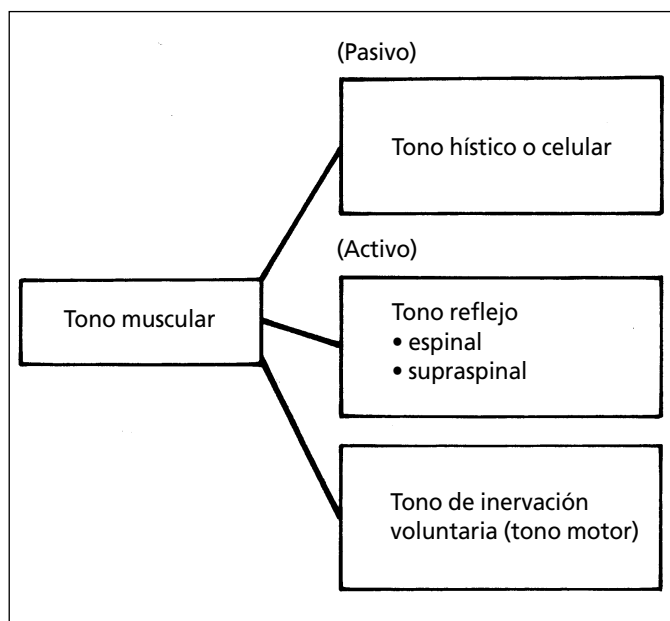


Figura 345. Factores que influyen sobre el tono muscular (Knebel/Herbeck/Schaffner, 1988, 112, modificado de Viol, 1985, 79).

El *stretching* ejerce además un influjo decisivo sobre el tono del músculo.

El tono muscular –una tensión básica del músculo de origen estructural– está sometido a varios factores de influjo activos y pasivos (fig. 345).

Como se puede observar en la figura 346, el *stretching* ejerce sobre el tono muscular un influjo amortiguador en relación con su situación, periodicidad y momento.

El efecto detonificador del *stretching* se refuerza procurando que la respiración discurra de forma tranquila y regular. La respiración forzada o la retención del aliento, co-

mo se observa a menudo en el entrenamiento de la movilidad, se debe evitar totalmente practicando *stretching*, pues estos hábitos producen un aumento no deseado del tono muscular; el aumento de la presión intrapulmonar provocado por la respiración forzada modifica, a través del llamado *reflejo neumomuscular*, el estado funcional de la musculatura esquelética, en el sentido de un ascenso de la tensión y de la fuerza que puede ser deseado en rendimientos de fuerza, pero no lo es en el entrenamiento de la movilidad (Marsak, citado en Zaciorski, 1977, 29).

La importancia de un programa regular de *stretching* después de un entrenamiento de la fuerza, del esprint o de la fuerza de salto resulta evidente si consideramos que este tipo de entrenamiento incrementa considerablemente el tono muscular a largo plazo, y refuerza por tanto la tendencia al acortamiento de la “musculatura de rendimiento” específica.

Después de una única sesión de entrenamiento de la fuerza, la movilidad y la capacidad de estiramiento del músculo entrenado se han reducido entre un 5 y un 13 %; la reducción de la capacidad de estiramiento puede mantenerse hasta un plazo de 48 horas después de terminado el entrenamiento. Sin embargo, efectuando un entrenamiento de la movilidad después del trabajo de la fuerza conseguimos una mejora de la movilidad, que se mantiene también durante el plazo de 48 horas (cf. Sölveborn, 1983, 109).

Consecuencias para la práctica del entrenamiento. No practicar entrenamiento de la fuerza, del esprint o de la fuerza de salto sin acompañarlo de un programa de *stretching* efectuado en paralelo o a continuación.

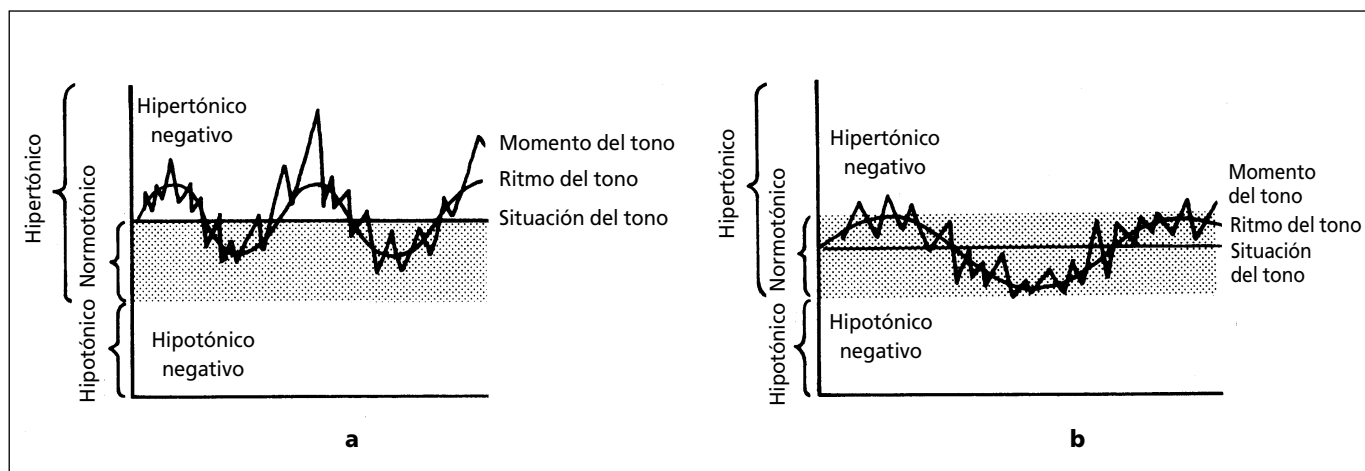


Figura 346. Dinámica del tono (situación, ritmo, momento del tono) en una musculatura no entrenada a nivel óptimo, de hipertonia negativa (a) y en una musculatura de normotonía positiva, influida por el *stretching* (b) (de Knebel/Herbeck/Schaffner, 1988, 113).

Importante. Un descenso del tono muscular no sólo mejora la movilidad, sino también la capacidad de regeneración del músculo después de la carga.

No obstante, en la *fase posterior a la carga* no todos los métodos de *stretching* son igualmente apropiados para una regeneración rápida. Schobert y cols. (1990, 90) indican que un “estiramiento intermitente” (alternancia de estiramiento y relajación cada 10 segundos) constituye la mejor aportación para una recuperación rápida después de la carga.

Dicho estiramiento favorece la normalización de las condiciones de riego sanguíneo y de degradación de productos del metabolismo, así como la recuperación energética mediante la alternancia rítmica entre estiramiento y relajación. En cambio, el método del “estiramiento lento” durante un período prolongado (hasta 2 minutos) –similar en este caso a un trabajo isométrico– incide negativamente sobre el riego sanguíneo, limitando el suministro energético oxidativo. Para iniciar la recuperación tan rápidamente como sea posible, la carga de entrenamiento o de competición debería ir seguida inmediatamente del tratamiento de estiramiento en forma de estiramientos intermitentes.

Las ventajas del *stretching* se pueden resumir en los siguientes puntos (cf. también Gerisch, 1986, 26; Blum, 1986, 71; Weineck, 1990, 242):

- El *stretching* se puede practicar en todas partes y sin gasto alguno en aparatos.
- El *stretching* se puede efectuar de acuerdo con un guión elaborado por uno mismo, en casa o de viaje.
- El *stretching* transmite al jugador una sensación cada vez mejor del estado en que se encuentra su musculatura.
- El *stretching* mejora a largo plazo y protege la movilidad articular, permitiendo así ejecuciones más económicas, más ligeras y más explosivas del movimiento, lo cual incide favorablemente sobre la capacidad de rendimiento coordinativo.
- El *stretching* eleva la capacidad individual para asumir carga muscular y optimiza el procesamiento de la carga en el sentido de una regeneración más rápida.
- El *stretching* disuelve tensiones musculares existentes, estira músculos acortados y optimiza el tono muscular.
- El *stretching*, combinado con ejercicios de relajación específicos, mejora la capacidad de relajación no sólo muscular, sino también psíquica, factores que inciden

positivamente sobre la regeneración posterior a la carga.

- El *stretching* optimiza la prevención de las lesiones mejorando la elasticidad y la capacidad de estiramiento.
- El *stretching* incrementa el riego sanguíneo y activa el metabolismo. Ejerce un efecto positivo sobre la velocidad de evacuación de los residuos metabólicos producidos por la carga, eliminando así rápidamente los síntomas de fatiga local.
- Entre todos los métodos para el trabajo de la movilidad, el *stretching* presenta el menor riesgo de lesiones y los mayores porcentajes de mejora, garantizando a la vez el mayor aumento momentáneo de la capacidad de estiramiento. La capacidad máxima de estiramiento se mantiene en el músculo estirado durante 4 horas aproximadamente, ofreciendo así un alto grado de seguridad en cuanto a la profilaxis de las lesiones durante las cargas de entrenamiento prolongadas (cf. Beaulieu, 1981, 61). En los métodos de movilidad activos, el efecto de estiramiento dura sólo unos 10 minutos y tiene que refrescarse mediante un nuevo “calentamiento”.

Resumiendo, el *stretching* constituye un importante instrumental de medidas acompañantes y optimizadoras del entrenamiento en relación con la dualidad carga-recuperación, antes de las cargas de entrenamiento (preparación de la carga, profilaxis fiable de las lesiones), entre ellas y después de ellas (regeneración acelerada).

No obstante, como limitación de sus posibilidades hemos de señalar que el *stretching* no se debería practicar a todas las edades (v. pág. 455) y de forma exclusiva. Además debe tenerse en cuenta determinadas modalidades de ejecución generales y específicas.

Indicaciones metodológicas acerca del *stretching*

Indicaciones generales sobre la práctica

Las ventajas de la práctica del *stretching* (componente integrador de cualquier entrenamiento) sólo están garantizadas si efectuamos cada ejercicio de *stretching* de forma correcta desde un punto de vista no sólo formal (adoptar progresivamente la posición de estiramiento, mantener durante un tiempo, etc.), sino también funcional, esto es, en correspondencia con las circunstancias anatómicas de las trayectorias musculares, con su estado funcional momentáneo y con el modo de trabajo de dichas trayectorias. Para ello se necesitan ciertos conocimientos anatómicos y

una comprensión bien desarrollada de los procesos funcionales. Nuestras observaciones constataron la presencia de ciertas carencias en este ámbito, incluso entre los deportistas del más alto nivel (elite nacional). Un mérito particular de la “gimnasia funcional” de Knebel (1987) consiste en haber puesto de relieve estas cuestiones, difundiéndolas entre un público extenso.

- La mejora de la movilidad es un proceso gradual, que necesita varias semanas. Por tanto, el trabajo de la movilidad debe haberse realizado antes de comenzar la temporada de competición, y su momento correcto es 6 semanas, como mínimo, antes de iniciar la pretemporada. Lo deseable sería un trabajo diario de la flexibilidad, durante todo el año.
- El *stretching* propiamente dicho debería ir precedido de un trabajo de calentamiento de 5 minutos como mínimo (carrera de calentamiento).
- La intensidad del *stretching* se debería incrementar en el transcurso del trabajo de estiramiento, evitando todo estiramiento forzado.
- Los grupos musculares relevantes para el rendimiento deberían estirarse de forma alternativa.
- La posición de estiramiento debería adoptarse de forma lenta y continuada y mantenerse un tiempo mínimo de 10 segundos, pues en caso contrario no se provoca el reflejo de estiramiento inverso de los husos tendinosos.
- Durante el estiramiento la respiración debería ser tranquila y profunda.
El efecto detonificador del *stretching* se refuerza con una respiración regular y tranquila.
- Si se dispone de tiempo, el *stretching* debería practicarse no sólo antes, sino también después de la carga deportiva; de este modo se consigue una recuperación muscular más rápida, porque el *stretching* en la fase posterior a la carga relaja más rápidamente el músculo y elimina más rápidamente la acidosis en éste.

Indicaciones anatómo-deportivas específicas

Al estirar la musculatura de rendimiento típica y específica de la modalidad (nos referimos sobre todo a los músculos de la cara anterior y posterior del muslo, que en su condición de músculos biarticulaciones inciden de múltiples maneras no sólo sobre la articulación de la rodilla, sino también sobre la articulación de la cadera), debemos tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Al estirar todos los músculos biarticulaciones hemos de asegurarnos de que la posición de estiramiento se da en

ambas articulaciones, sin que ninguna de ellas permita, con su flexión o extensión, una relajación o un acortamiento del músculo (el efecto sobre el músculo depende de la función momentánea de dicho músculo en la articulación flexionada o extendida).

Ejemplo: los músculos isquiotibiales –cuya función es extensora en la articulación de la cadera y flexora en la articulación de la rodilla (cf. Weineck, 1994, 155)– sólo se pueden estirar de forma óptima si la articulación de la rodilla se extiende y la cadera se flexiona en grado máximo (fig. 347).

2. El estiramiento muscular debería efectuarse de la forma más selectiva posible, y no dentro de un movimiento complejo, conectando sucesivamente, en serie, varias articulaciones y por tanto varios grupos musculares. Las carencias musculares específicas permanecen de este modo escondidas o compensadas por otros grupos musculares.

La figura 348 muestra la escasa especificidad del ejercicio de flexión del tronco hacia delante en asiento extendido, y la escasa y confusa información que suministra al profano.

Se puede ver aquí que una movilidad grande o restringida puede ser el resultado de causas muy diferentes. El resultado de una mayor o menor movilidad viene dado en cada caso, dependiendo de las circunstancias, por el grado de movilidad en el ámbito de la columna vertebral, en los músculos isquiotibiales y en la musculatura de la pantorrilla (sobre todo del tríceps sural).

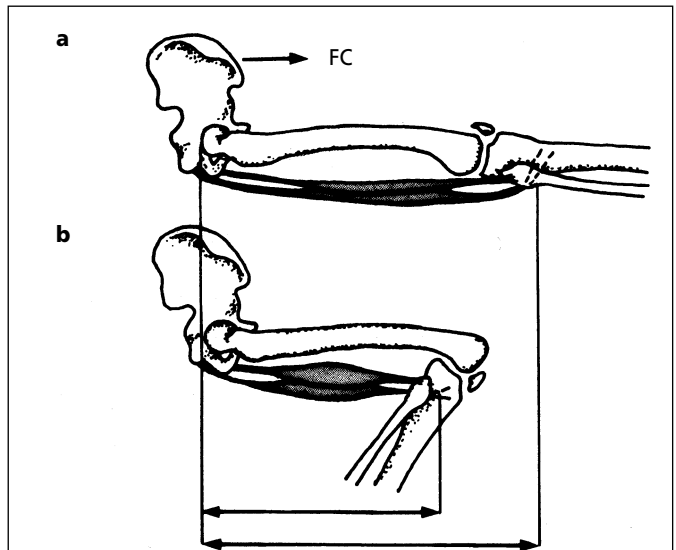
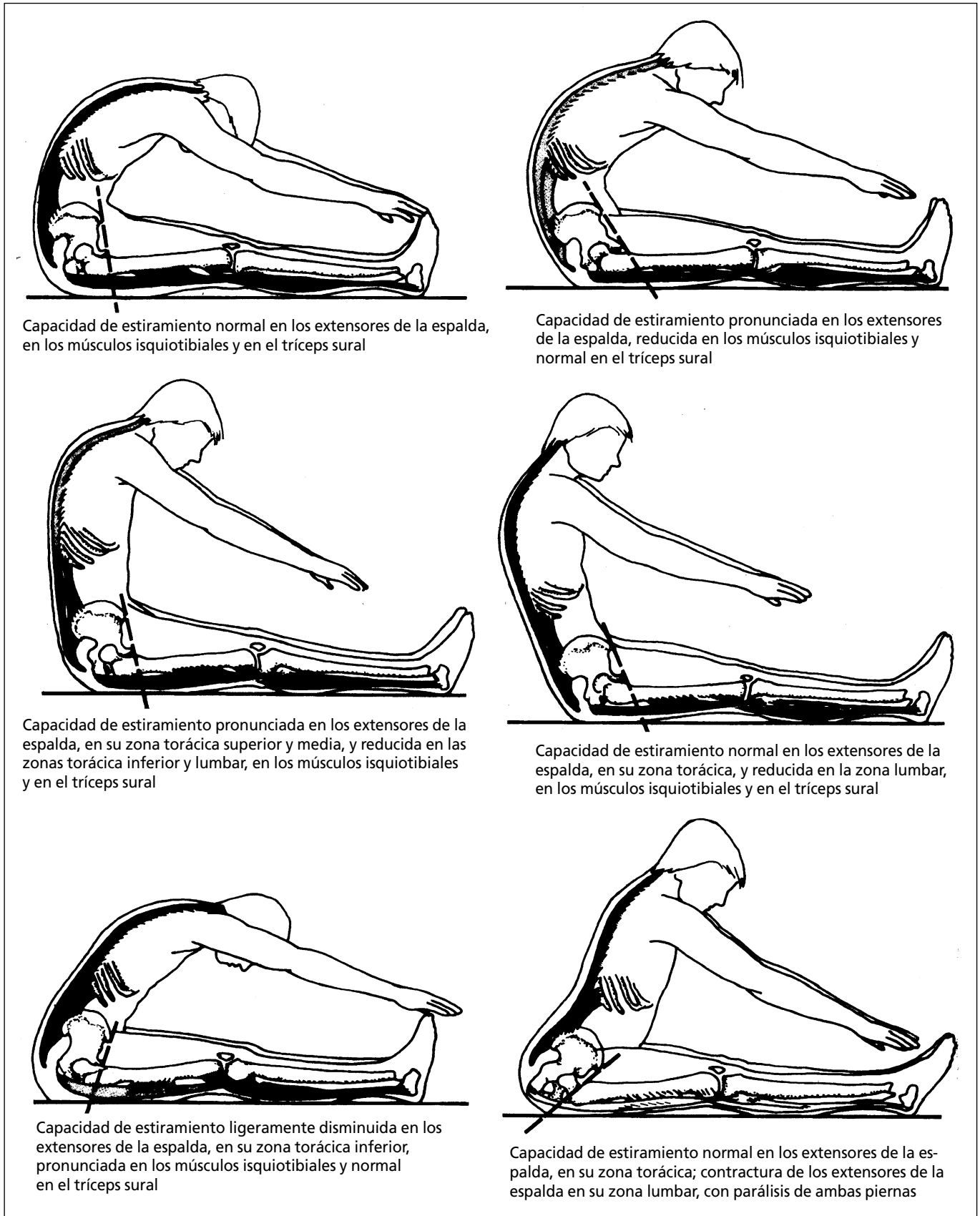


Figura 347. Estiramiento de los músculos isquiotibiales con la articulación de la rodilla extendida (a) y flexionada (b). Sólo cuando los flexores de la cadera (FC) tiran de la pelvis hacia delante en la posición a (flecha), se puede conseguir un estiramiento máximo. Dicho estiramiento no resulta posible con la rodilla flexionada.



Capacidad de estiramiento normal en los extensores de la espalda, en los músculos isquiotibiales y en el tríceps sural

Capacidad de estiramiento pronunciada en los extensores de la espalda, reducida en los músculos isquiotibiales y normal en el tríceps sural

Capacidad de estiramiento pronunciada en los extensores de la espalda, en su zona torácica superior y media, y reducida en las zonas torácica inferior y lumbar, en los músculos isquiotibiales y en el tríceps sural

Capacidad de estiramiento normal en los extensores de la espalda, en su zona torácica, y reducida en la zona lumbar, en los músculos isquiotibiales y en el tríceps sural

Capacidad de estiramiento ligeramente disminuida en los extensores de la espalda, en su zona torácica inferior, pronunciada en los músculos isquiotibiales y normal en el tríceps sural

Capacidad de estiramiento normal en los extensores de la espalda, en su zona torácica; contractura de los extensores de la espalda en su zona lumbar, con parálisis de ambas piernas

Figura 348. Examen de la capacidad de estiramiento de los músculos dorsales desde la postura de asiento extendido (de Kendall/Kendall-McCreary, 1988, 218).

3. El estiramiento muscular no se debería producir en un músculo en tensión por un trabajo de sustentación o similares.

La figura 349 muestra a un deportista en el intento, poco funcional, de estirar su musculatura del tronco y de la cara anterior del muslo, aunque en esta posición los músculos trabajan contraídos y de forma excéntrica (aflojando) para impedir el hundimiento del tronco hacia atrás.

4. El trabajo de *stretching* debería efectuarse en una posición que permita en la menor medida posible, o que impida, los movimientos de escape que reducen la eficacia del ejercicio. La figura 350 muestra la manera óptima de estirar los músculos extensores de la rodilla, sin posibilidad de escape, en la postura de rodillas con la cadera extendida. En la figura 351 se puede ver un ejercicio de *stretching* del mismo grupo muscular, que consideramos menos eficaz debido a las múltiples posibilidades de escape.

Si el ejercicio se efectúa en la cancha deportiva, sin posibilidades de apoyo, se observan intentos de estiramiento en los que el muslo adopta una posición de angulación lateral; en dicha posición, los músculos que se quieren estirar no experimentan un estiramiento previo en la articulación de la cadera, pues están relajados por el efecto de la abducción.

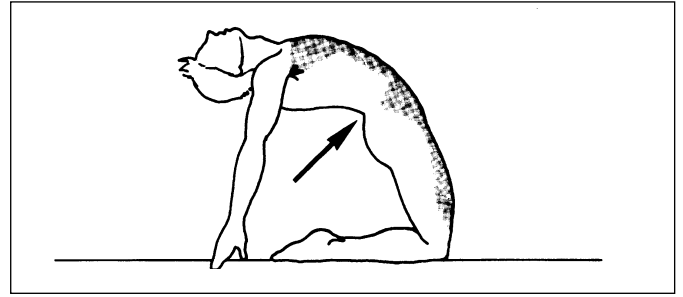


Figura 349. Ejercicio de *stretching* poco funcional de los músculos de la cara anterior del tronco y de los muslos, que se tensan debido a la posición. Consideramos además desfavorable la hiperlordosis en las vértebras lumbares (flecha) (de Knebel/Herbeck/Hamsen, 1988, 69).

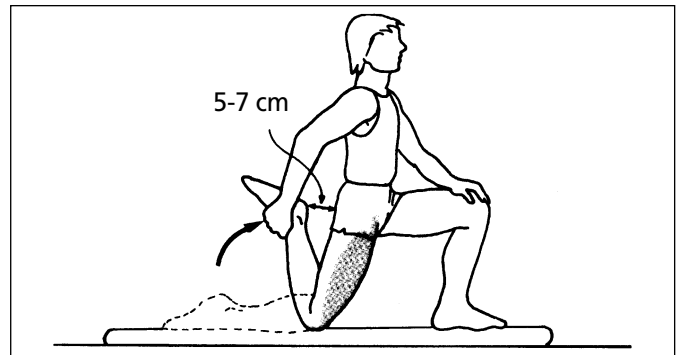


Figura 350. Estiramiento funcional de los extensores de la articulación de la rodilla (cuádriceps femoral); trazo continuo = vasto interno, vasto externo y vasto intermedio (monoarticulación); trazo discontinuo = recto femoral (biarticulaciones).

Como a veces un césped húmedo o un suelo duro (en el polideportivo) impiden la realización del “ejercicio ideal”, tendremos que dar paso a ejercicios de segunda categoría. No obstante, si el deportista es consciente de los criterios anatómicos que determinan la calidad del ejercicio en cuestión, estará en condiciones de evitar las carencias potenciales. Al estirar los músculos isquiotibiales –situados en la cara posterior del muslo, que constituyen en muchas modalidades un factor limitador del rendimiento– con el ejercicio representado en la figura 352, la posición de la cadera posee una importancia mayor que la técnica de estiramiento.

La figura 352 muestra claramente que sólo con una pelvis inclinada hacia delante –alejando así el arranque de los músculos isquiocrurales de su inserción– se consigue un aumento significativo de la capacidad de estiramiento, independiente además de la técnica de estiramiento utilizada.

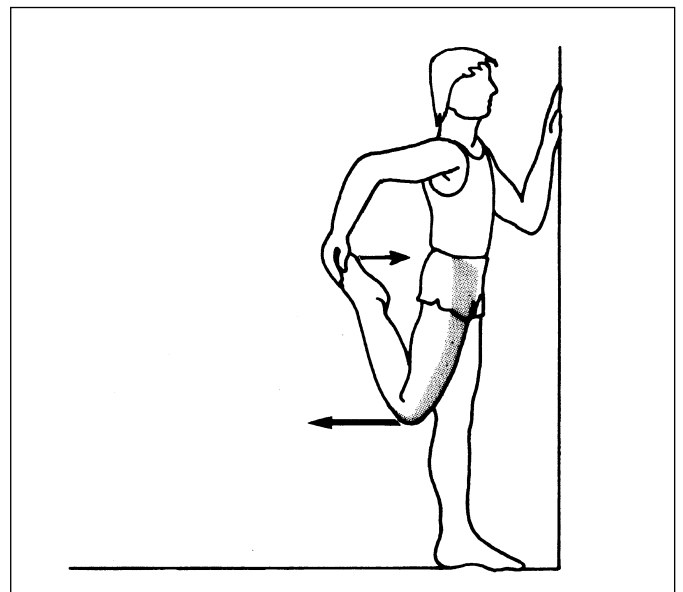


Figura 351. Ejercicio de estiramiento “de segunda categoría” de los extensores de la articulación de la rodilla. Los distintos grados de libertad de las articulaciones participantes permiten un escape a través de las articulaciones libres, impidiendo así un estiramiento óptimo de los músculos que deseamos trabajar.

Los ejercicios enumerados muestran que el *stretching* por sí mismo no supone una garantía de calidad; su ejecución debe ser correcta, específica y en la posición de partida correcta. Los entrenadores deberían indicar en todo momento la realización correcta a sus atletas, de forma que la práctica del *stretching* no tenga una función de mera coartada, sino que contribuya de forma eficaz a alcanzar el objetivo planteado: la movilización óptima.

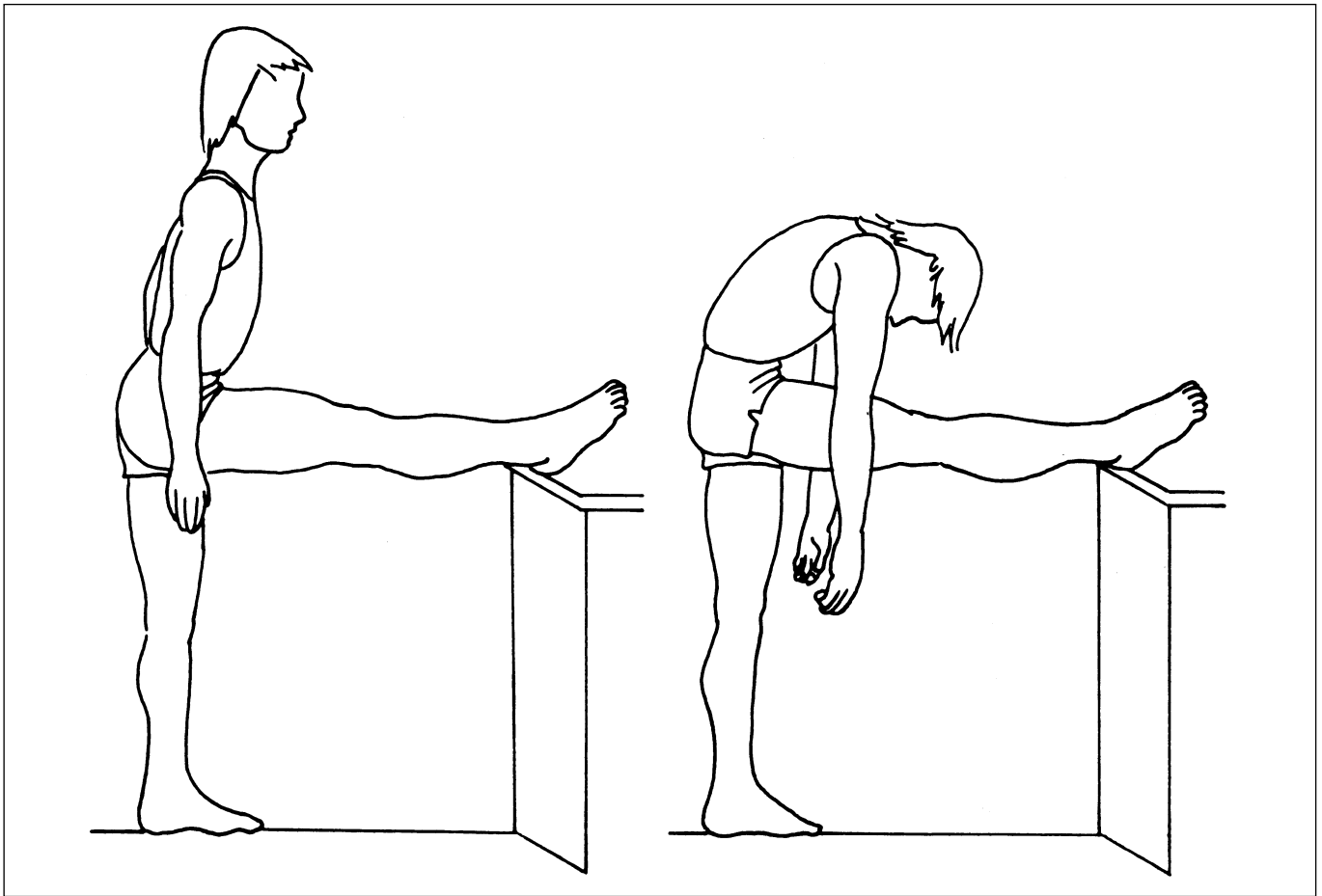


Figura 352. Entrenamiento de los músculos isquiotibiales (con la pelvis inclinada hacia delante [izquierda] y hacia atrás [derecha]).

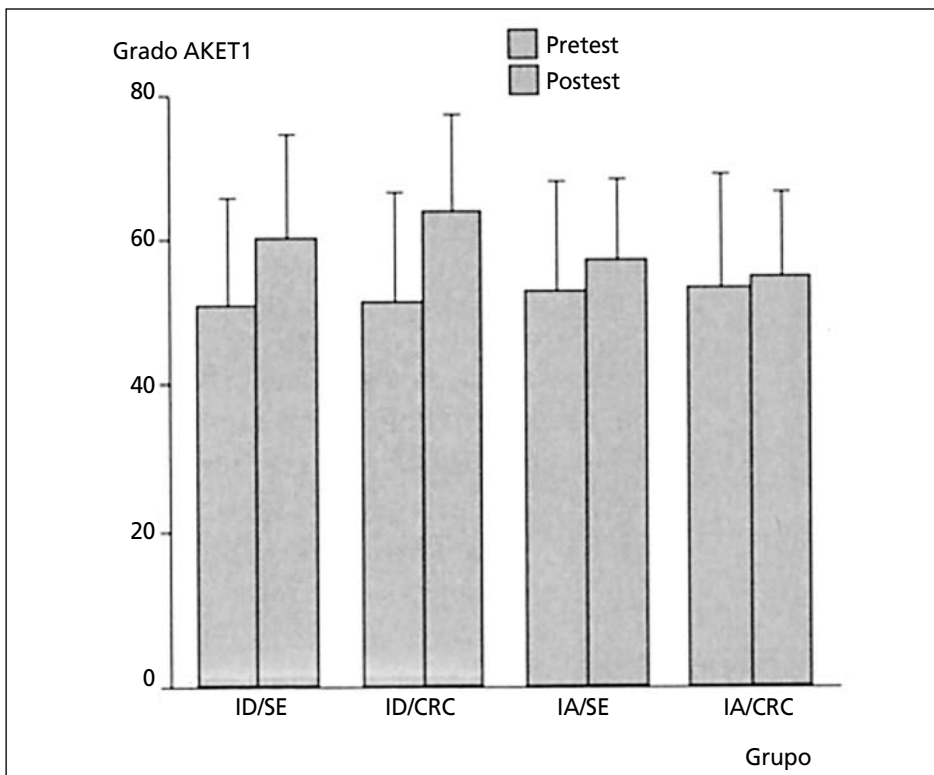


Figura 353. El crecimiento de la capacidad de estiramiento con diferentes técnicas de estiramiento y diversas situaciones de partida anatómicas (de Sullivan/Dejulia/Worrell, 1992, 1.385).

ID = con la pelvis inclinada hacia delante;
 IA = con la pelvis inclinada hacia atrás;
 SE = *stretching* estático;
 CRC = contraer-relajar-contraer.

Stretching y edad

A pesar de su alto grado de eficacia para la movilización, el método de *stretching* no resulta apropiado para el ámbito infantil, y para el juvenil sólo lo es a partir de una determinada edad. Por su pobreza de movimientos y su nivel “casi intelectual”, el *stretching* no satisface la pulsión de los niños por el movimiento ni el deseo de ver resultados inmediatos. Los niños aprecian en gran medida el carácter lúdico en el aprendizaje y en el entrenamiento; por ello, la objetividad y escasa amenidad del *stretching* no se corresponden con la mentalidad infantil de juego.

En los niños, el riesgo de lesiones debidas a ejercicios de estiramiento activos es tan reducida que este tipo de movilización debería tener un papel protagonista en el entrenamiento infantil (v. pág. 473).

Por otras particularidades ver página 472.

La eficacia de las diferentes técnicas de estiramiento

Como se puede ver en la tabla 61, la eficacia de las diferentes técnicas de estiramiento se valora de diferente manera dependiendo de la modalidad de ejecución y de la duración del entrenamiento.

No obstante, los estudios más recientes concluyen que:

Hasta ahora no existen estudios que demuestren inequívocamente la superioridad de un método concreto (cf. Hoster, 1987, 1.524; Wydra/Bös/Karisch, 1991, 386; Wydra, 1993, 104).

Sin embargo:

- Las técnicas de estiramiento centradas en la extensión del movimiento son más eficaces que las orientadas a favorecer la velocidad del movimiento
- Se debería aplicar un abanico de métodos adecuados al individuo, en correspondencia con las necesidades de

éste y alternando las técnicas de contracción estática con las técnicas de estiramiento dinámico (cf. Wydra, 1993, 106 y 110).

“Se debe examinar de forma pormenorizada los efectos que una determinada técnica de estiramiento, o una determinada combinación de métodos, ejerce sobre el desarrollo de la movilidad, la capacidad de regeneración, la capacidad de relajación, la propensión a las lesiones, las capacidades de fuerza, etc., dependiendo de la edad, el sexo, el estado de entrenamiento, el tipo de composición de las fibras musculares, etc.” (Wydra, 1993, 110).

En conjunto la movilidad sólo se entrena de forma óptima cuando se aplican todos los contenidos disponibles en su combinación más favorable.

La elección de los ejercicios de estiramiento y su combinación se fundamenta en una visión analítica de la disciplina de competición: ¿cómo se desarrollan los movimientos, en qué secciones del movimiento se exige un grado especial de movilidad, qué tipo de movilidad se necesita?

La movilidad sólo se debería mejorar en la medida en que resulte necesaria para adquirir la técnica de movimientos óptima y para aprovechar de forma eficaz las capacidades motoras en la modalidad (cf. Matveiev, 1981, 174).

Una *hipermovilidad* innata o adquirida puede ser un obstáculo, pero también una condición necesaria para la consecución de rendimientos deportivos.

Por el elevado riesgo de lesiones que conlleva, la *hipermovilidad generalizada* de origen genético, basada en las debilidades generales del tejido conjuntivo, apenas resulta apropiada para los rendimientos deportivos de elite. No obstante, en muchas modalidades (como, p. ej., la gimnasia de aparatos) una *hipermovilidad local* –p. ej., en los ámbitos de las vértebras lumbares o en la articulación de la cadera– constituye un requisito indispensable.

Autores	Muestreo	Criterios	Tratamientos	Duración del tratamiento	Resultados
de Vries, 1962	57 estudiantes	Mejora de la flexión y extensión activas del tronco, elevación del hombro durante el tiempo de tratamiento	SE, SD 30-60 s de estiramiento cada vez Sin grupo de control	Siete veces 30 minutos, dos tratamientos por semana	Mejora significativa en los grupos. Sin diferencias entre ellos.
Holt y cols., 1970	24 estudiantes	Mejora de la flexión activa del tronco (<i>sit and reach</i>) con cada tratamiento individual	Tratamientos combinados, que constan de: SD, SE, CS-CA. Los ejercicios de estiramiento se efectuaron en sucesiones diferentes. Cada estiramiento duró 20 s pausa de 10 s. El método CS-CA se repitió tres veces en este tiempo. Sin grupo de control	Tres tratamientos por semana en 3 semanas consecutivas. Duración de cada tratamiento: tres veces 2 minutos	Las diferencias entre los grupos son indicio de la superioridad estadística del método CS-CA.
Tanigawa, 1972	30 varones jóvenes	Mejora a corto y medio plazo de la flexión pasiva de la cadera. Regresión a medio plazo de la mejoría en la movilidad. Determinación indirecta del ángulo	Estiramiento pasivo, estiramiento CS, grupo de control	Dos sesiones de estiramiento por semana durante un período de 3 semanas	Superioridad del método CS frente al estiramiento estático. Regresión significativa de la capacidad de estiramiento después de una semana sin tratamiento de estiramiento
Cornelius, 1980	30 estudiantes	Mejora a corto plazo de la flexión pasiva de la cadera (medición angular)	Estiramiento CS y CS-CA con diferente duración de la contracción muscular (de 0 a 6 s). SD, sin grupo de control. Un solo tratamiento	Superioridad de las técnicas de contracción frente al estiramiento sostenido	No se observan diferencias entre las diferentes técnicas de estiramiento
Moore y Hutton, 1980	12 gimnastas (mujeres)	Mejora a corto plazo de la movilidad de la cadera mediante un solo tratamiento; actividad del EMG	SE, CS, CS-CA. Con los métodos CS y CS-CA la contracción se efectuó durante 5 s; sin grupo de control	Un solo tratamiento	El máximo aumento de la movilidad se dio con la técnica CS-CA; diferencias individuales en el comportamiento EMG
Hartley-O'Brien, 1980	119 estudiantes (mujeres)	Mejora a corto y medio plazo de la flexión activa de la cadera (medición angular)	SE-CA, CS (activo y pasivo), SD, SE, SE con relajación. Un minuto de estiramiento, un minuto de pausa, cinco repeticiones. Grupo de control	Estiramientos durante 10 minutos en 3 días a la semana, durante 3 semanas	Mejora altamente significativa en todos los grupos durante todo el tiempo de tratamiento; no hubo diferencias entre los grupos; mejoras de la movilidad diaria escasa

Tabla 61. Literatura especializada sobre la eficacia de las técnicas de estiramiento (1962-1991) (de Wydra, 1993, 107)

Autores	Muestreo	Criterios	Tratamientos	Duración del tratamiento	Resultados
Sady y cols., 1981	43 estudiantes	Mejora de la movilidad activa del hombro, el tronco y los extensores de la cadera	SD (20 repet.), SE (mantener 6 s, tres repet.), CS (estiramiento hasta la posición final, contracción de 6 segundos, nuevo estiramiento, tres repet.). Grupo de control	Tres veces a la semana durante 6 semanas Superioridad de la técnica de contracción	Mejora de la movilidad en los flexores de la cadera mayor que en otros ámbitos
Lucas y Koslow, 1984	63 estudiantes (mujeres)	Mejora de la movilidad activa de los extensores de la cadera (<i>sit and reach</i>)	SD, SE (20 s de estiramiento cada vez, cinco repet.). CS-CA (5 s contracción de los agonistas, 10 s contracción de los antagonistas). Sin grupo de control	Cinco minutos de estiramiento, tres veces a la semana, durante 7 semanas	Mejora en todos los grupos; no hay diferencias entre los grupos
Hardy, 1985	42 estudiantes (mujeres)	Mejora a corto y medio plazo de la flexión activa de la cadera (medición angular)	CS-CA activo y pasivo con 0,3 y 6 s de tiempo de contracción y 10 s de estiramiento, tres repet. SE, duración del estiramiento 30 s. Todos los grupos realizaron tres series con una pausa de 30 seg entre ellas. Grupo de control	Estiramiento durante 6 días sucesivos	Mejora muy significativa en tres grupos de prueba; relación positiva entre la duración de la contracción y la mejora de la movilidad en estiramiento activo con CA
Hardy y Jones, 1986	24 estudiantes (mujeres)	Mejora de la movilidad dinámica de la cadera (registros de estroboscopia)	CS-CA (6 s de estiramiento, tres repet.). SD centrándose en la velocidad. SE centrándose en la extensión del movimiento. Todos los grupos realizaron tres series con una pausa de 30 s entre ellas. Grupo de control	Estiramiento durante 6 días sucesivos	Mejoras mayores en los grupos experimentales (CS-CA; SD centrándose en la extensión del movimiento) que en el grupo de control; sin diferencias entre los grupos experimentales

Tabla 61. Literatura especializada sobre la eficacia de las técnicas de estiramiento (1962-1991) (de Wydra, 1993, 107)

Autores	Muestreo	Criterios	Tratamientos	Duración del tratamiento	Resultados
Hardy y Jones, 1986	18 estudiantes (varones)	Mejora de la movilidad dinámica del hombro (células fotoeléctricas)	CS-CA. SD centrándose en la extensión del movimiento. Realización del movimiento como anteriormente. Grupo de control	Estiramiento en 6 días sucesivos	Mejoras mayores en los grupos de prueba (CS-CA; SD centrándose en la extensión del movimiento) que en el grupo de control; sin diferencias entre los grupos experimentales
Madding y cols., 1987	72 varones entre 22 y 40 años	Mejora a corto plazo de la abducción de la cadera y reducción de la resistencia al estiramiento	SE durante 15, 45 y 120 s. Grupo de control	Estiramiento una vez a la semana	Mejoras muy significativas de la movilidad y descenso de la resistencia al estiramiento en los grupos experimentales; sin diferencias entre los grupos experimentales
Etnyre y Lee, 1988	Estudiantes, 49 varones y 25 mujeres	Mejora a corto y largo plazo de la movilidad del hombro y de la movilidad activa de la cadera (goniómetro)	SE (9 s), CS, CS-CA (contracciones de 6 s seguidas de un estiramiento de 3 s). Los ejercicios de estiramiento se realizaron con apoyo del compañero. Grupo de control	Estiramientos dos veces a la semana durante 12 semanas	Mejora muy significativa en los grupos de tratamiento; no se encontraron diferencias en cuanto a la entrenabilidad de hombres y mujeres; técnicas de contracción más eficaces que el estiramiento estático; mayor incidencia de la técnica CS-CA en los hombres
Schober y cols., 1990	60 estudiantes de educación física	Capacidad de relajación muscular de la musculatura del muslo después de carga previa	SE, CS (contracción isométrica y estiramiento de 10 s alternativamente), estiramiento pasivo intermitente (diez cambios entre estiramiento y relajación), con ayudante y durante 2 minutos cada vez. Grupo de control	Tratamiento de estiramiento una vez a la semana después de carga	Efectos positivos del estiramiento intermitente; efectos variables del estiramiento tipo CS; efectos negativos del estiramiento prolongado
Wydra y cols., 1991	40 hombres y 40 mujeres (pacientes en rehabilitación)	Mejora de la movilidad activa y pasiva de la cadera a corto y medio plazo (goniómetro)	SE (20 s), CS (10 s tensión – 10 s estiramiento), SD (20 repet.), repetición cinco veces. Estiramiento pasivo con ayuda de compañero. Grupo de control	Diez minutos diarios de estiramiento durante 2 semanas	No se observaron diferencias entre los grupos experimentales en cuanto a la mejora a corto plazo. Superioridad muy significativa del SD durante 2 semanas. Las mujeres presentan mayor entrenabilidad de la movilidad pasiva

Tabla 61. Literatura especializada sobre la eficacia de las técnicas de estiramiento (1962-1991) (de Wydra, 1993, 107)

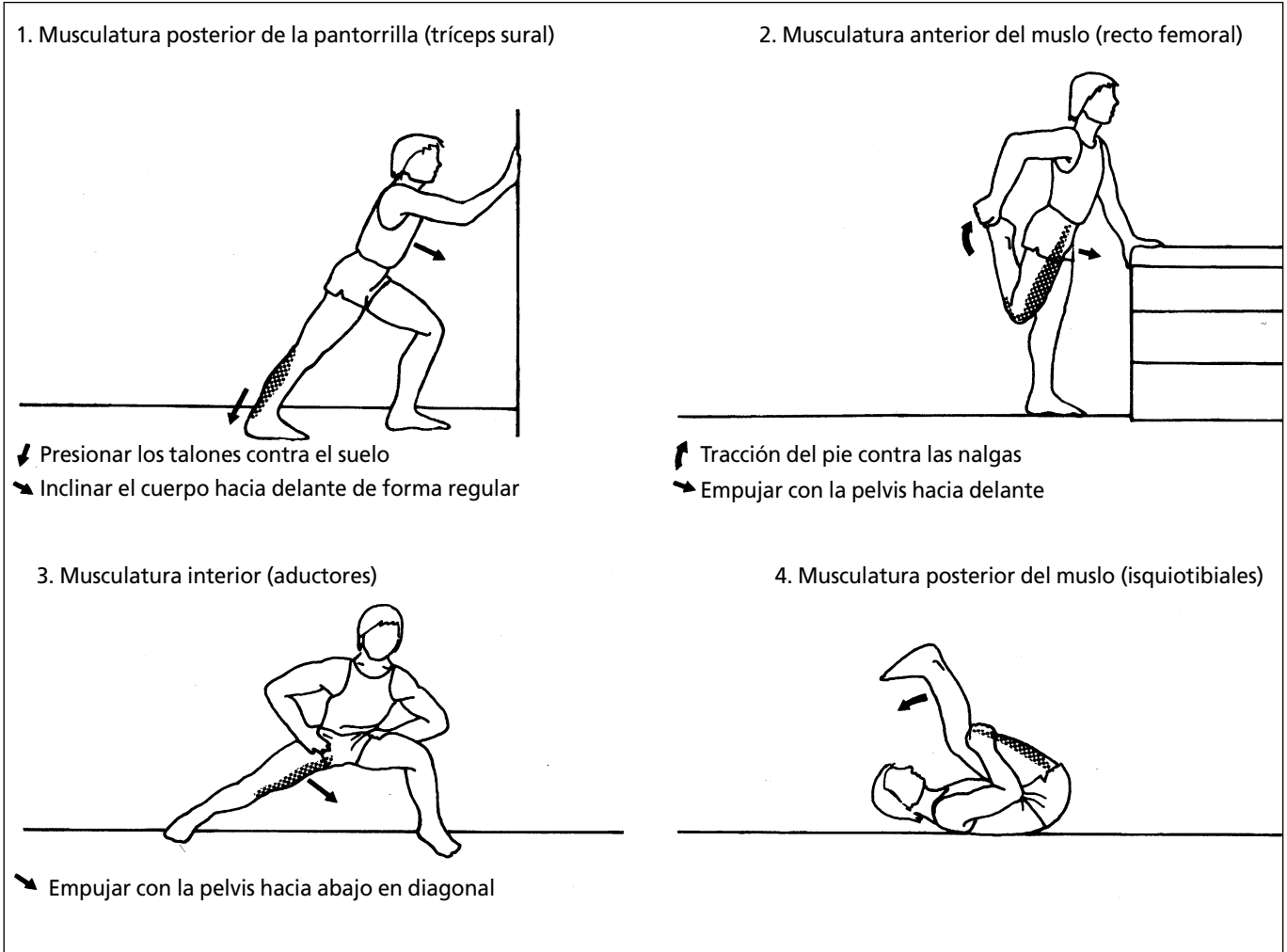


Figura 354. Los ejercicios de estiramiento más importantes para el deportista centrado en la carrera, esto es, en las piernas (modificado de Spring y cols., 1986, 146).

Contenidos del entrenamiento de la movilidad: programa de estiramientos

De entre el abanico de ejercicios de estiramiento posibles y razonables para una configuración amena del entrenamiento ofrecemos un programa breve, que se puede realizar en cualquier sesión, en forma de “deberes para casa” o de “producción propia”, con los ejercicios llamados “esenciales”. Desde el “programa mínimo”, con ejercicios que el deportista “centrado en las piernas” debería practicar en cada sesión de entrenamiento y antes de cada competición, hasta el *top ten* (cf. Spring y cols., 1986, 13 s.) o los programas todavía más amplios, no se ponen límites a la disponibilidad del deportista. En cualquier caso, lo más importante es la realización correcta y regular.

Programa mínimo

El “programa mínimo” incluye el grado mínimo por debajo del cual no podemos quedar, el “programa básico” de los grupos musculares esenciales; el programa de ejercicios amplio incluye una recopilación extensa de ejercicios, que permite un trabajo ameno de la movilidad. Las siguientes indicaciones, formuladas brevemente, son válidas para todos los programas (cf. Spring y cols., 1986, 9):

- Adoptar la postura de estiramiento representada en la figura.
- Modificar lentamente la posición en la dirección de la flecha, reforzando así el estiramiento.
- Evitar los movimientos bruscos (sin balanceo).
- Una tracción ligera en el músculo que se estira es normal.

- Mantener la posición durante 15-30 segundos.
- Respirar con tranquilidad y de forma regular; intentar relajarse.

- *Programa mínimo del deportista “centrado en las piernas”*

El programa presentado en la figura 354 contiene ejercicios esenciales que deberían practicar regularmente los “deportistas de carreras”; nos referimos en especial a los juegos deportivos.

- *Programa básico*

El programa básico recogido en la figura 355 incluye un programa de estiramientos para los grupos musculares más importantes en la mayoría de las modalidades.

Tests y formas de control de la movilidad como medios de diagnóstico del rendimiento y regulación del entrenamiento

Antes de entrar en detalles sobre la necesidad de los tests de movilidad, expondremos brevemente la problemática de los exámenes de movilidad como comprobación del rendimiento (en algunos casos como cálculo de aptitud deportiva). A este respecto, escribe Israel (1979, 33): “La lógica objetiva pide, en el ámbito de la movilidad, el predominio de las mediciones ‘externas’. Aquí la valoración tiene lugar básicamente en función del grado de la flexión. Cuanto más profunda sea ésta, tanto más positiva la valoración. Se puede ver, no obstante, que los individuos con debilidades en el tejido conjuntivo dominan este ejercicio de forma inmediata y sin problemas. Así, puede darse el caso de que la medicina del deporte valore positivamente una desventaja corporal.” Queda claro, por tanto, que el cálculo habitual y generalizado de la movilidad debe tomarse con cierto escepticismo. Las debilidades posturales o similares, asociadas a una capacidad de estiramiento extraordinaria, deben invitarnos a una valoración crítica del resultado del test. No obstante, el entrenamiento de la movilidad exige un control del rendimiento.

Para evaluar de forma objetiva la eficacia del entrenamiento deben plantearse ejercicios de control estandarizados. Estos ejercicios de control –que indican el nivel de movilidad ya sea en grados angulares o en centímetros– deberían registrar, por una parte, la *movilidad general* (nos referimos aquí sobre todo a la columna vertebral y a las articulaciones de la cadera y del hombro) y, por otra parte, mediante formas de test específicas, la *movilidad específica*

de la modalidad. Para el registro de la movilidad deberíamos buscar procedimientos de medición constantes (p. ej., registro del valor obtenido tras mantener la posición durante 3 segundos).

Antes de pasar a los detalles de los diferentes tipos de tests, expondremos desde el punto de vista ortopédico la problemática de este tipo de tests (se trata de tests de realización sencilla, que afectan simultáneamente varios sistemas: por ejemplo, movilidad de la columna vertebral y capacidad de flexión de la cadera [v. pág. 462 s.]). Hemos de aclarar que el profano no está en condiciones de evaluar correctamente el contenido informativo de los tests de este tipo. Los realizados por profanos no sirven para diagnosticar de forma detallada el estado de la movilidad; conviene acudir a un ortopeda experto, pues sólo éste puede registrar y valorar con la suficiente precisión los rendimientos motores complejos de la musculatura.

Las figuras 356 y 357 muestran la forma de diagnosticar una movilidad normal sobre el ejemplo de los flexores de la cadera y de la articulación de la rodilla, que suelen estar acortados en buena parte de los deportistas (v. pág. 303). Muestran también el cuidado y los profundos conocimientos anatómicos que se requieren para efectuar un diagnóstico de este tipo y para evaluar correctamente el estado de la movilidad. Hemos de señalar la multiplicidad de factores que inciden sobre esta “posición normal” (posición de la pelvis, posición de las articulaciones vecinas, etc.), que en determinadas circunstancias pueden simular síntomas positivos o negativos. Al lector interesado podemos recomendarle la literatura especializada sobre el diagnóstico de la función muscular, como las obras de Janda (1979) y Kendall/Kendall-McCreary (1988).

Otro problema a la hora de valorar un síntoma relacionado con la movilidad es la edad de la persona que se somete al test. Como se puede ver en la figura 358, la movilidad de la columna vertebral y de los músculos isquiotibiales no tiene un nivel regular en todas las edades, aunque en todas ellas se pueda calificar de normal. La figura 358 muestra asimismo el cambio entre la extrema movilidad del niño de corta edad y la movilidad claramente restringida en el momento del empujón del crecimiento, en la edad puberal: a veces resulta imposible alcanzar los dedos de los pies, aunque no haya restricciones articulares ni acortamientos musculares, pues estamos ante un cambio de proporciones en la relación piernas/tronco. Esta circunstancia debe tomarse en consideración a la hora de evaluar la movilidad (cf. Kendall/Kendall-McCreary 1988, 217).

Las consideraciones previas acerca del diagnóstico de la movilidad ilustran la dificultad de que un laico evalúe de forma detallada un nivel de movilidad constatable visualmente. Con las correspondientes reservas, presenta-

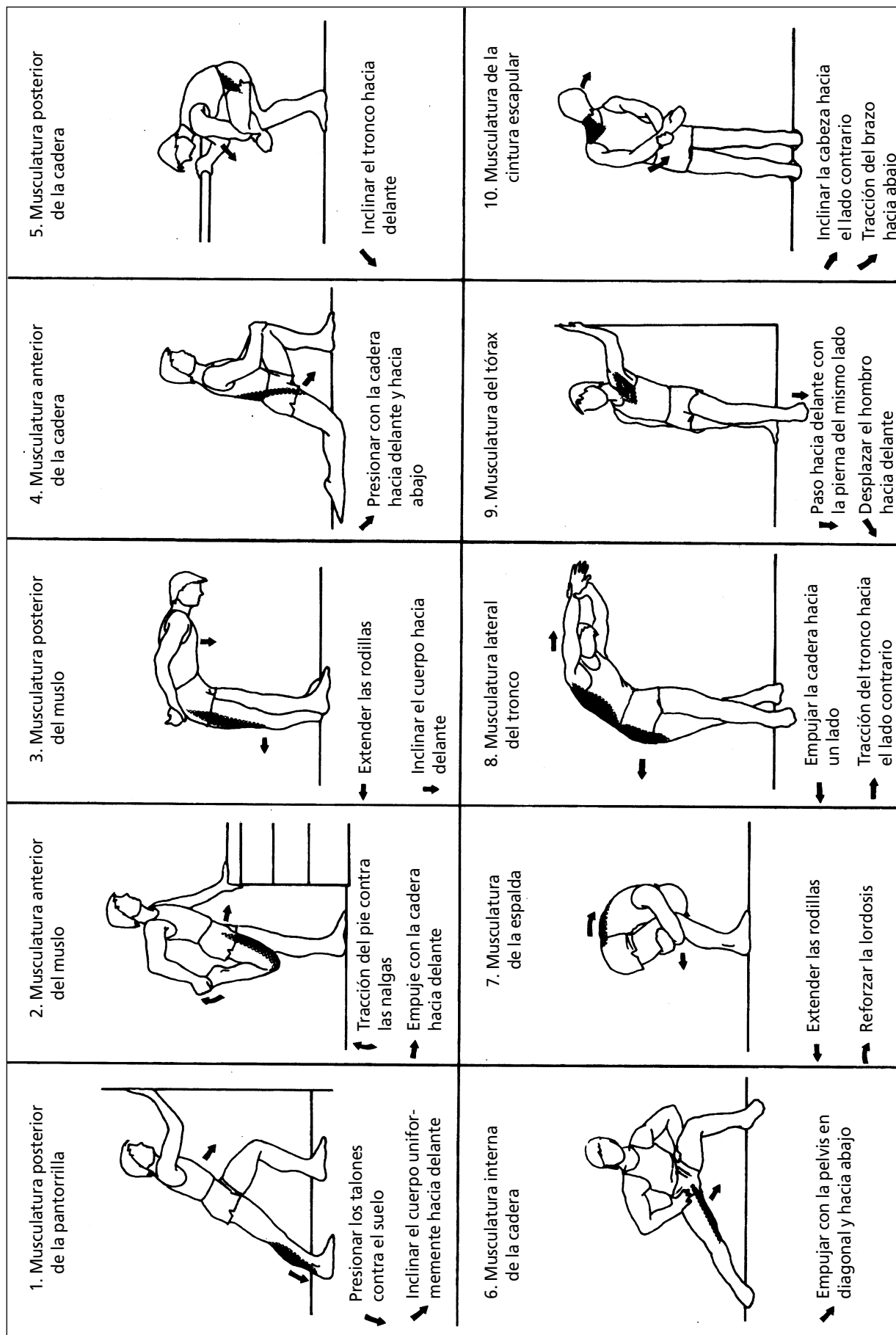


Figura 355. Programa de estiramiento básico *top ten* (modificado de Spring y cols., 1986, 14-23).

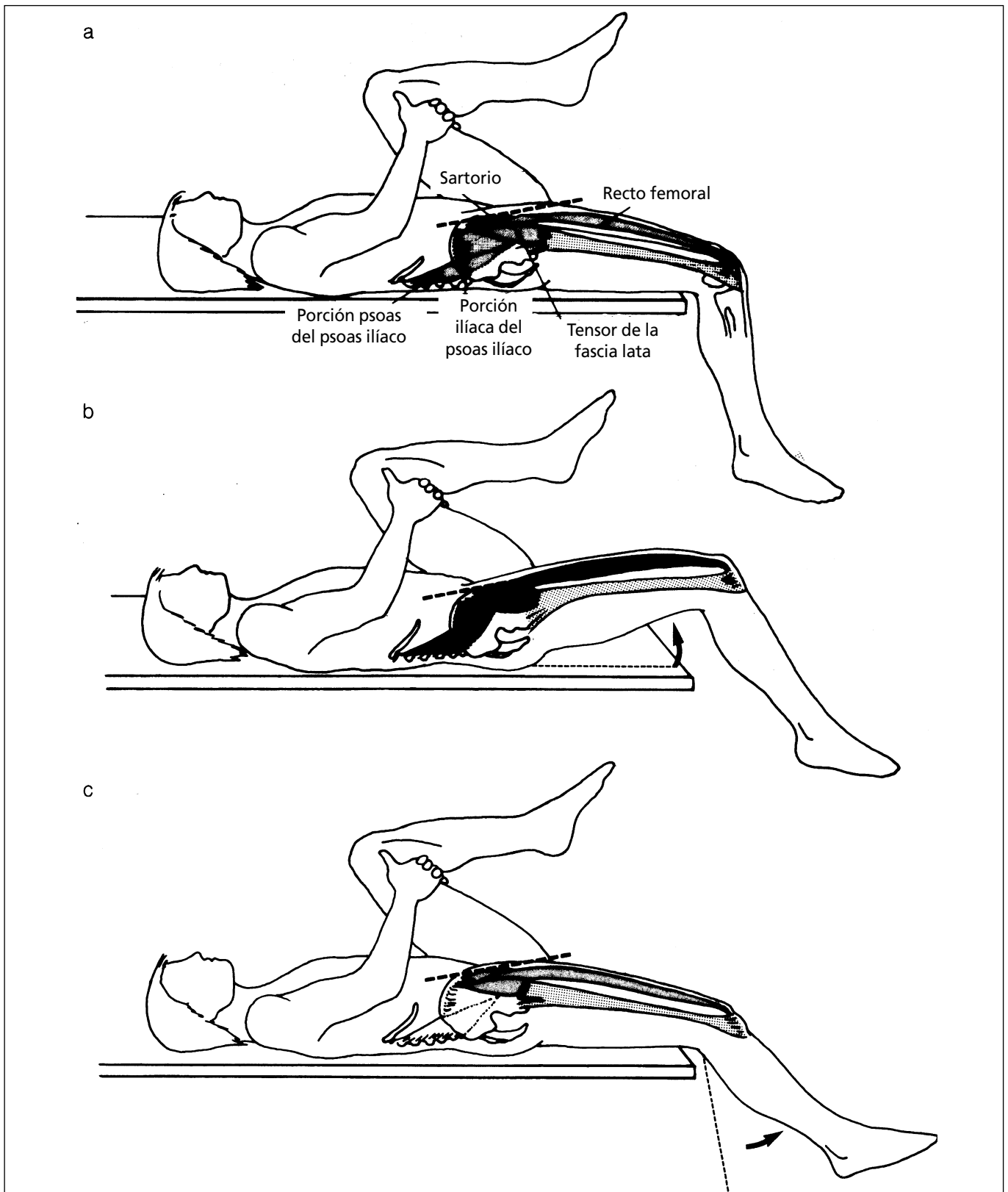


Figura 356. Músculos flexores de la cadera normales (a), acortados (b) y parcialmente acortados (c). En (a) encontramos una capacidad de estiramiento normal de los flexores de la cadera, tanto de los monoarticulares (psoas iliaco), demostrada por la capacidad del muslo para tomar contacto con la mesa, como de los biarticulares (recto femoral y tensor de la fascia lata). En (b) el acortamiento impide la extensión de la cadera tanto a los músculos monoarticulares como a los biarticulares; en (c) la articulación de la cadera se puede extender si se permite una extensión de la articulación de la rodilla; esto significa que los flexores de la cadera monoarticulares tienen una capacidad de estiramiento normal, pero que el recto femoral y (probablemente) el tensor de la fascia lata están acortados (modificado de Kendall/Kendall-McCreary, 1988, 159).

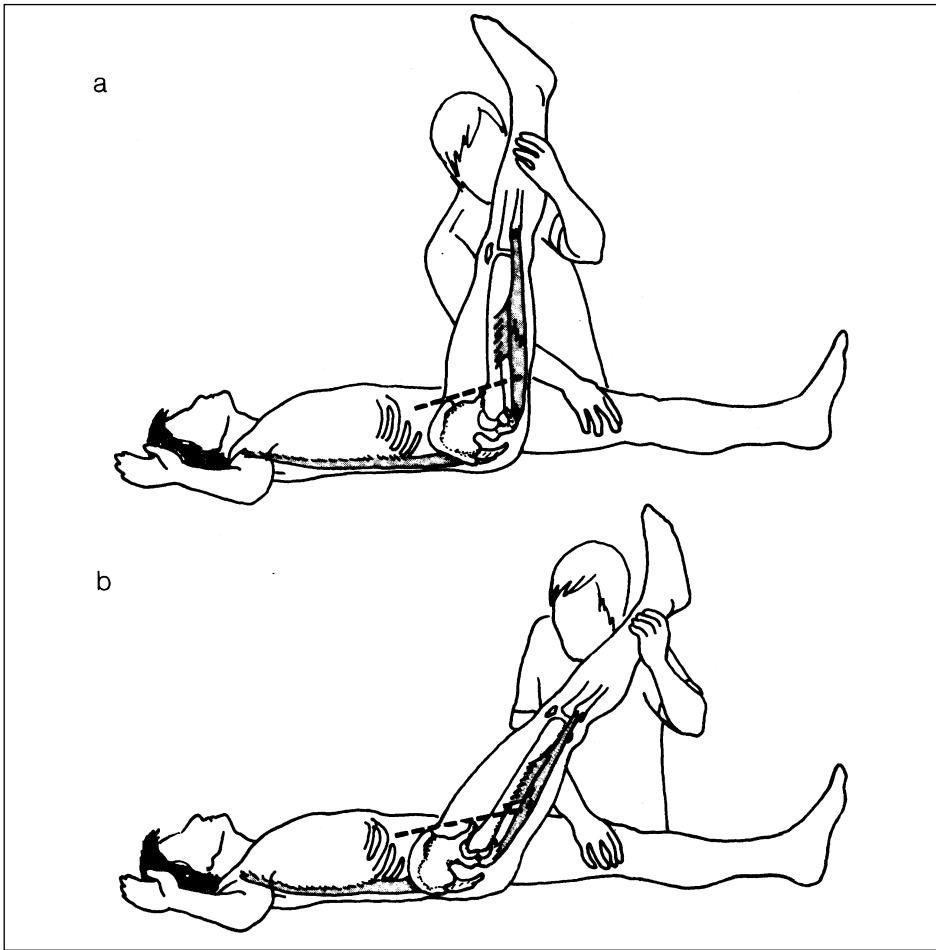


Figura 357. Síntomas de una capacidad de estiramiento normal (a) y restringida (b) de los flexores de la articulación de la rodilla (músculos isquiotibiales) (modificado de Kendall/Kendall-McCreary, 1988, 146).

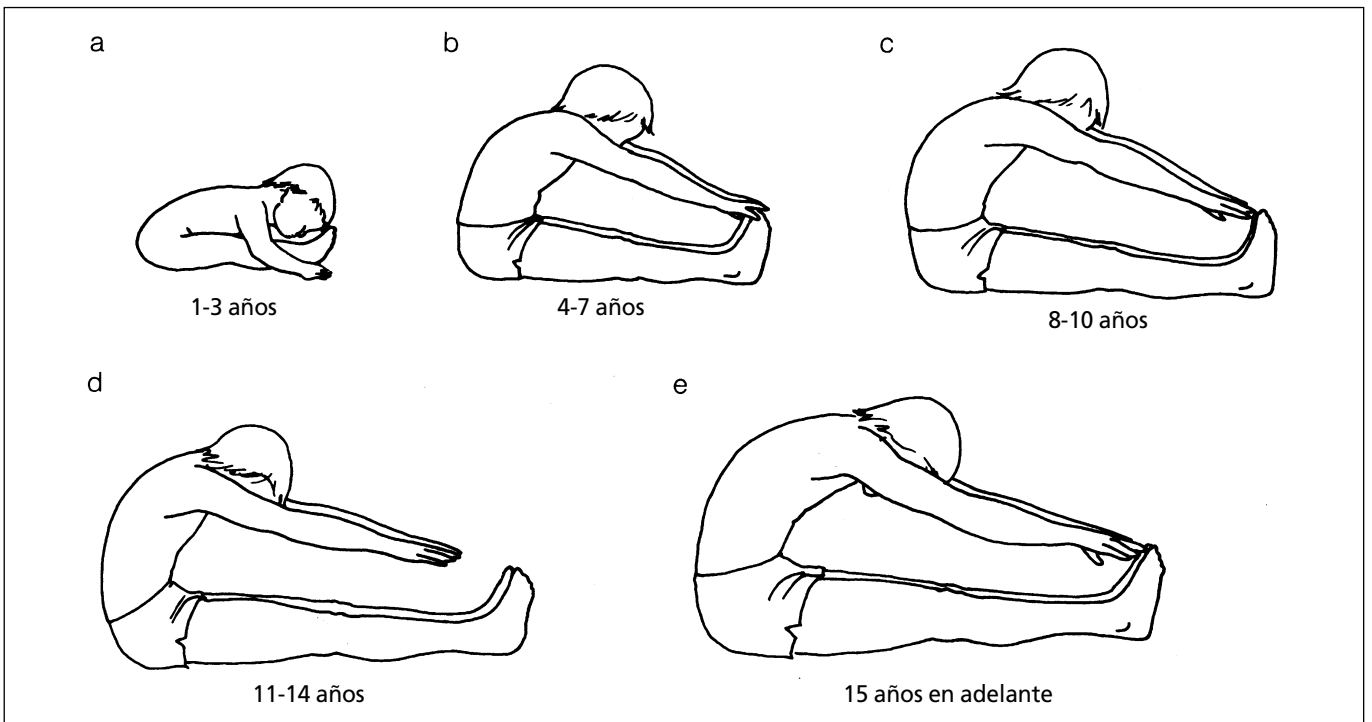


Figura 358. Movilidad normal de la flexión de la columna vertebral en diferentes grupos de edad (de Kendall/Kendall-McCreary, 1988, 217).

mos a continuación unos tests de movilidad “sencillos” para una estimación general del estado de movilidad individual.

Conviene, no obstante, que el deportista profesional se someta todos los años, en su propio interés, a un diagnóstico ortopédico exacto como complemento del entrenamiento, como profilaxis ante posibles daños a largo plazo y como medida correctora y compensatoria del entrenamiento.

1. *Comprobación de la movilidad compleja de la musculatura posterior del tronco (columna vertebral) y de las piernas (cara posterior del muslo = músculos isquiotibiales; musculatura de la pantorrilla = tríceps sural)*

El test para valorar de forma general la capacidad de estiramiento del ámbito tronco-cadera-pierna es la prueba de flexión del tronco hacia delante (fig. 359).

Realización. Flexión del tronco hacia delante (fig. 359); se mide la distancia entre las puntas de los dedos y el punto cero (nivel de los pies) y la capacidad de estiramiento superando el punto cero (indicación en \pm cm).

Atención. Las rodillas tienen que estar completamente extendidas. La postura final tiene que mantenerse durante 2 segundos (esto es, sin balanceo).

El desarrollo del rendimiento máximo de flexión del tronco hacia delante depende tanto de la edad como del sexo (v. figs. 360 y 361). Según los estudios de Betz/Klimt (1993, 5), los valores medios de flexión ventral en la edad preescolar se encuentran entre -2 y -5 cm (los valores negativos indican la distancia que el sujeto del test alcanza por debajo el nivel cero o plano de asentamiento). Posteriormente, la capacidad para flexionar se mantiene casi igual, y aumenta constantemente al llegar el séptimo año de vida en las chicas y el décimo en los chicos.

Los valores máximos de flexión ventral se encuentran al final de la adolescencia (Klimt/Heyer-Wirths, 1992, 531; Betz/Klimt, 1993, 5).

Después de la edad juvenil, si no se practica un entrenamiento específico, hemos de contar con un retroceso progresivo del rendimiento máximo de la flexión del tronco hacia delante (Neumann, 1976).

El ámbito de la desviación típica doble observable en las figuras 360 y 361 (entre $+2$ s y -2 s) –que incluye al 95 % de los niños y jóvenes estudiados– puede servir como punto de referencia para delimitar la hipermovilidad y la

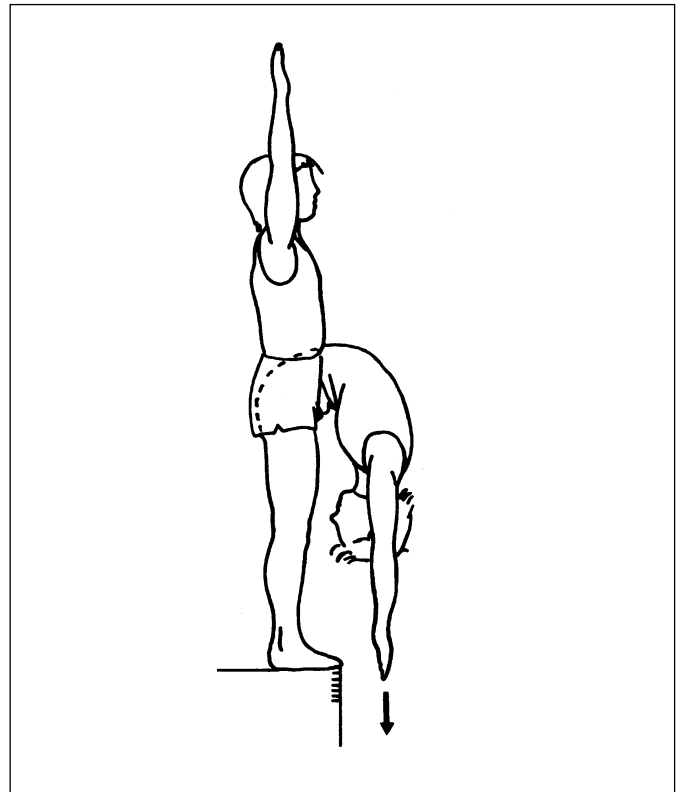


Figura 359. Flexión del tronco hacia delante.

hipomovilidad de la flexión ventral máxima en la articulación de la cadera.

Los valores máximos de flexión ventral por encima de la desviación típica doble son característicos de la hipomovilidad, y por debajo de dicha desviación lo son de la hipermovilidad (Betz/Klimt, 1993, 7).

La tabla 62 muestra que con el paso de la edad el rendimiento de flexión del tronco hacia delante disminuye progresivamente.

Numerosos estudios permiten concluir que, con un entrenamiento adecuado de la movilidad, se puede conseguir mejoras considerables en un tiempo relativamente corto; esto es válido particularmente para los niños, pero también para los adultos, con las consiguientes reducciones de los valores (cf., p. ej., Fass/Freiwald/Jäger, 1994, 22).

2. *Comprobación de la movilidad combinada de la columna vertebral y de la articulación de la cadera*

De una forma similar a la del test anterior, se mide aquí la capacidad de flexión de la columna vertebral y de la cadera, y por tanto, la musculatura posterior del tronco y de las piernas. La posición separada de las piernas permite registrar también la capacidad de estiramiento de los aductores del muslo (fig. 362).

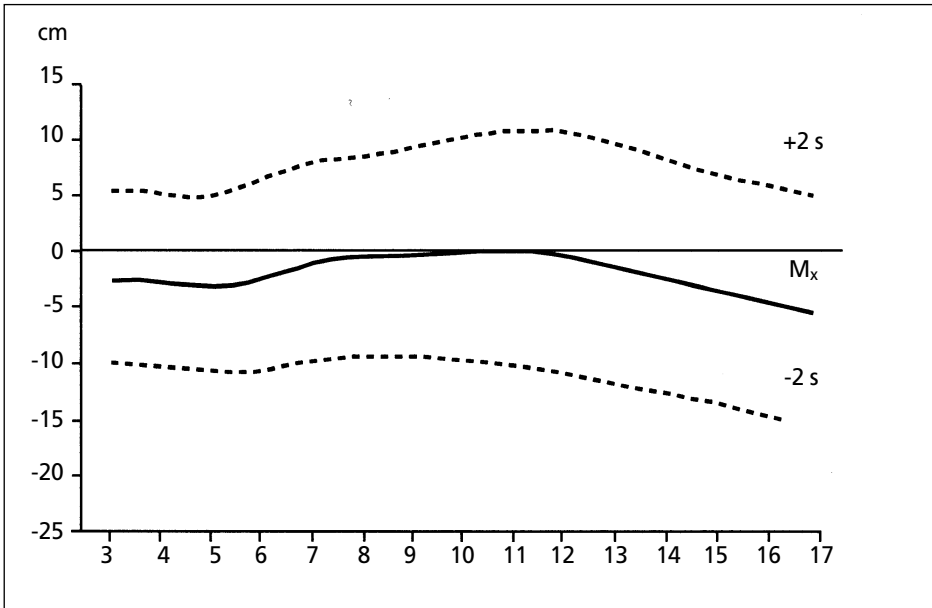


Figura 360. Promedios (M_x) y desviación típica doble ($\pm 2 s$) de la flexión ventral máxima en la articulación de la cadera en chicos de entre 3 y 17 años ($n = 546$) (de Betz/Klimt, 1993).

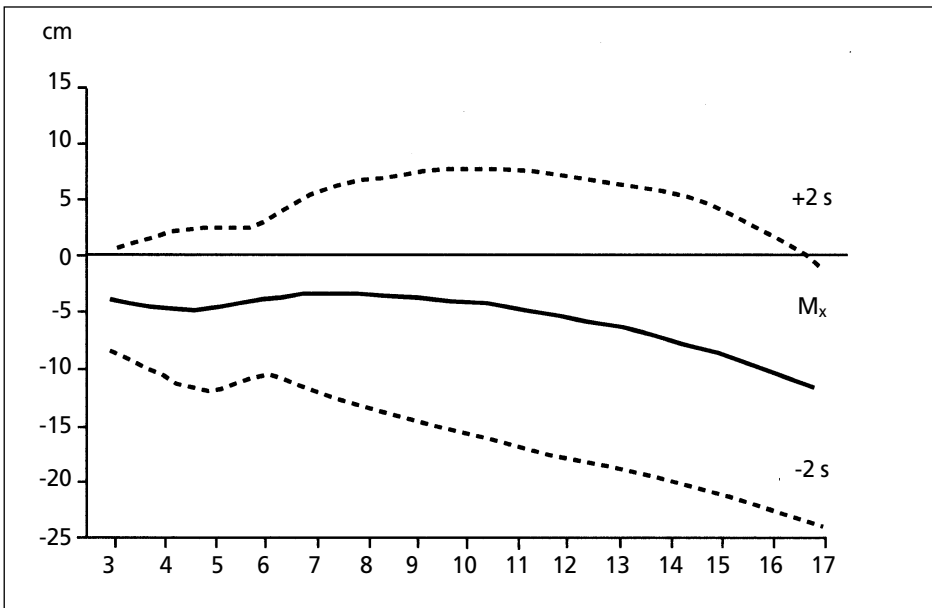


Figura 361. Promedios (M_x) y desviación típica doble ($\pm 2 s$) de la flexión ventral máxima en la articulación de la cadera en chicas de entre 3 y 17 años ($n = 527$) (de Betz/Klimt, 1993).

Hombres			Mujeres		
n = 31	35-45 años:	5,7 ± 1,7 cm	n = 45	35-45 años:	7,7 ± 1,7 cm
n = 24	46-55 años:	4,9 ± 1,6 cm	n = 28	46-55 años:	11,5 ± 1,8 cm
n = 18	56-65 años:	2,8 ± 2,5 cm	n = 17	56-65 años:	8,3 ± 2,0 cm

Tabla 62. Promedios en la prueba de flexión del tronco hacia delante en deportistas aficionados adultos (de Grosser/Starischka, 1986, 131)

Realización. Flexión del tronco hacia delante desde el asiento con piernas separadas; se mide la distancia entre el tórax y el suelo (indicación en centímetros).

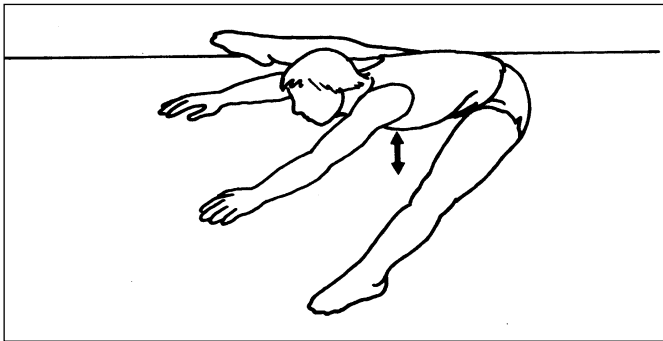


Figura 362. Flexión del tronco hacia delante en asiento con piernas abiertas.

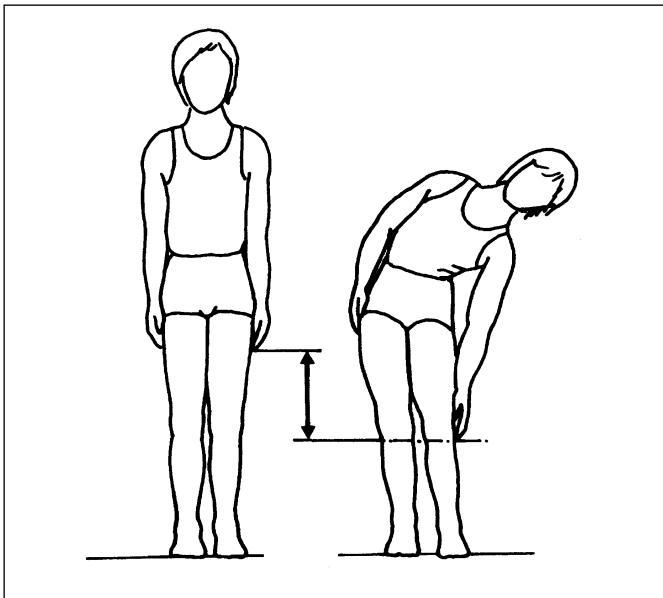


Figura 363. Flexión lateral del tronco.

3. Comprobación de la capacidad de apertura de las piernas

Realización. Asiento con las piernas abiertas, tronco erguido; estiramiento activo de las piernas hacia fuera. Se mide el ángulo de apertura. Para la evaluación individual se podría medir también la distancia entre ambos maléolos internos (aquí la única comparación posible sería intraindividual, no interindividual, pues las diferentes longitudes de pierna no permiten comparaciones inmediatas). Además de la capacidad de estiramiento de los aductores, el ejercicio registra también la fuerza de estos músculos.

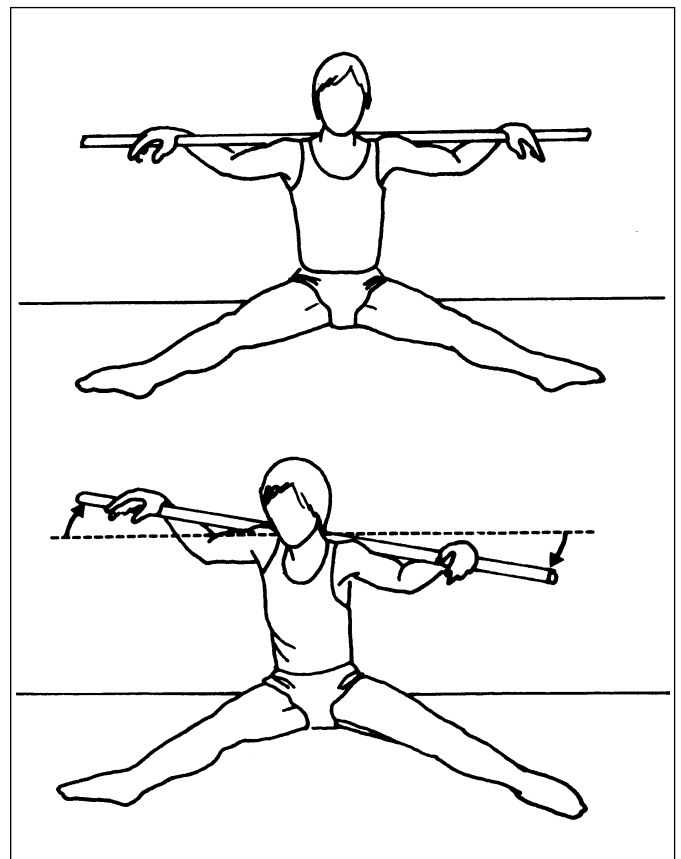


Figura 364. Rotación del tronco hacia los lados.

4. Comprobación de la movilidad lateral del tronco

Realización. Flexión lateral del tronco (fig. 363). Se mide la distancia que recorren las puntas de los dedos en la horizontal, en sentido distal (indicaciones en centímetros).

Además de la movilidad de la columna vertebral, se registra también la capacidad de estiramiento de los músculos abdominales rectos y oblicuos. El test debería hacerse hacia ambos lados, para descubrir posibles carencias unilaterales.

5. Comprobación de la capacidad de rotación de la columna vertebral

Realización. Rotación del tronco hacia los lados (fig. 364). Se mide la capacidad de rotación de la columna vertebral (indicación en grados).

6. Comprobación de la movilidad aislada de la articulación de la cadera (v. también pág. 470 s.)

Realización:

- *Spagat lateral* (fig. 365a). Se mide la distancia entre la sínfisis pubiana y el suelo (indicación en centímetros).

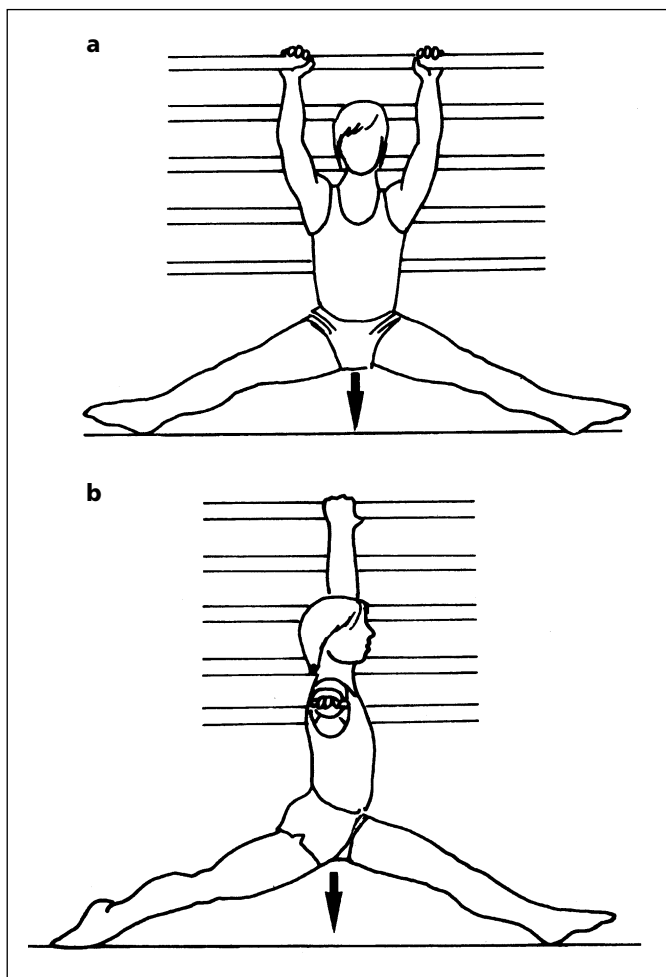


Figura 365. Spagat lateral (a) y spagat transversal (b).

- Spagat transversal (fig. 365b). Se mide la distancia entre la sínfisis pubiana y el suelo (indicación en centímetros).

7. Movilidad de la articulación del hombro

Realización. Llevar los brazos extendidos detrás de la espalda, agarrando un bastón (fig. 366). Se mide la distancia entre ambas empuñaduras (indicación en centímetros). Si se quiere registrar la movilidad de la articulación del hombro y comparar el valor con el de un colectivo (como norma), se debe tomar en consideración la anchura de hombros del sujeto que realiza el test.

Tests funcionales para valorar los grupos musculares acortados

Como ya hemos mencionado, los estímulos de entrenamiento intensos pueden originar a largo plazo un acor-

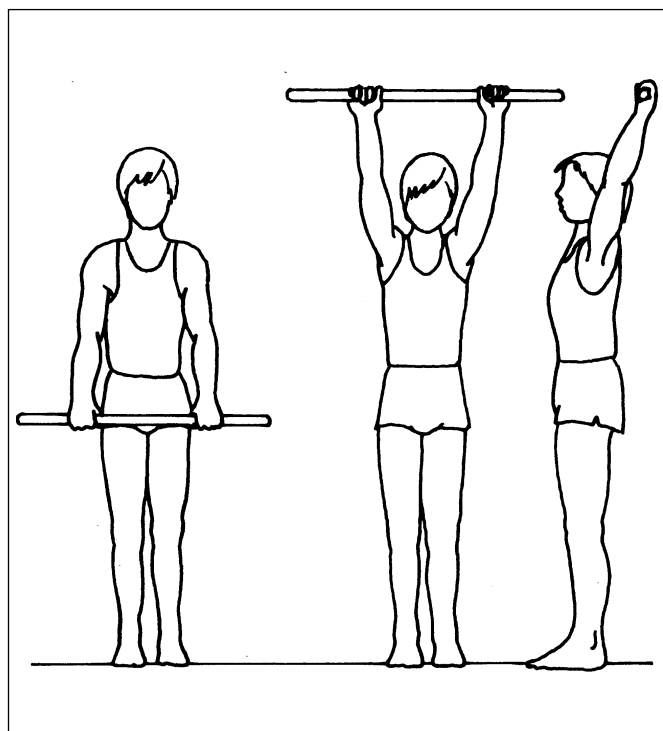


Figura 366. Movilidad de la articulación del hombro.

tamiento de músculos o grupos musculares típicos. El deportista debería intentar, mediante tests sencillos, reconocer a su debido tiempo las carencias que pudiera padecer y eliminarlas como profilaxis de las posibles lesiones. A continuación presentamos las pruebas de Janda más importantes, denominadas así por su inventor.

1. Examen de la capacidad de estiramiento del tríceps sural

El tríceps sural presenta una tendencia al acortamiento en muchos deportistas; nos referimos sobre todo a las modalidades de carrera y de salto (cf. Weber y cols., 1985, 149). La figura 367 muestra la forma de comprobar un acortamiento de este músculo con herramientas sencillas, mediante la flexión profunda de la rodilla. Si al ponernos en cuclillas nos vemos obligados a levantar el talón, están acortados tanto el gastrocnemio (bíceps de la pantorrilla: músculo biarticular con inserción en la cara distal del fémur) como el sóleo (que actúa sólo sobre la articulación talocrural; ambos forman, como ya hemos mencionado, el tríceps sural). Un acortamiento fuerte se caracteriza por el levantamiento del talón y por una insuficiencia de la flexión profunda de la rodilla (cf. Schmidt y cols., 1983, 272).

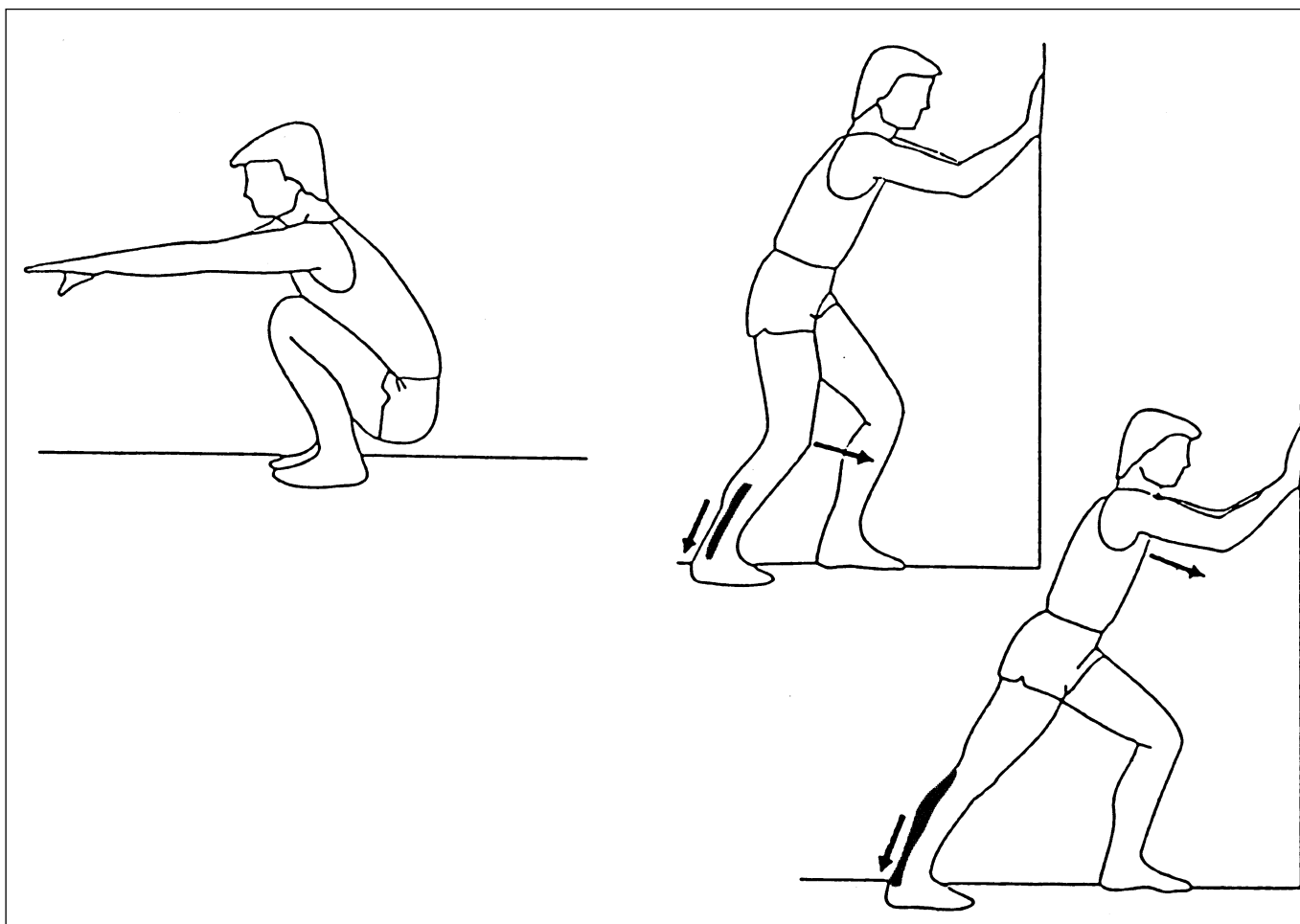


Figura 367. Test para comprobar el acortamiento del tríceps sural (izquierda). Ejercicios para el estiramiento del sóleo acortado (derecha, arriba) y del gastrocnemio acortado (derecha, abajo) (de Weineck, 1994, 173).

La figura 367 (derecha) nos presenta el ejercicio con el que se puede estirar por una parte el sóleo (derecha, arriba) y por otra el gastrocnemio (derecha, abajo).

2. Examen de la capacidad de estiramiento del recto femoral

La porción del cuádriceps femoral que cubre dos articulaciones, esto es, el recto femoral, es el músculo que más tiende al acortamiento entre todos los músculos de las extremidades (cf. tabla 45). La figura 368 muestra el test de Janda con el que se puede diagnosticar un acortamiento del recto femoral y el ejercicio de estiramiento con el que se puede compensar dicho acortamiento.

Si el talón llega a tocar la nalga con una ligera ayuda pasiva, la capacidad de estiramiento del músculo es óptima. Si la distancia entre el talón y la nalga se sitúa en 15 cm pese a la ayuda pasiva, estamos ante un acortamiento ligero del músculo. Las distancias superiores implican un acorta-

miento fuerte, que se debería compensar mediante los correspondientes ejercicios de estiramiento (cf. fig. 368).

3. Examen de la capacidad de estiramiento del psoas ilíaco

El acortamiento del psoas ilíaco, habitual entre los deportistas (cf. tabla 45), origina una hiperlordosis (sobre todo si la musculatura abdominal es débil) acompañada a menudo por un cuadro sintomático de dolor de espalda (cf. Weineck, 1994, 136).

Un acortamiento de este músculo se puede constatar de una forma relativamente sencilla con el test de Janda representado en la figura 369. La aducción del muslo en dirección a la cavidad torácica extiende la columna vertebral. De esta manera el psoas ilíaco del lado contrario experimenta una mayor tracción, y el muslo de la pierna de la prueba se dirige hacia arriba, dependiendo del grado de acortamiento existente (cf. también fig. 369). La figura

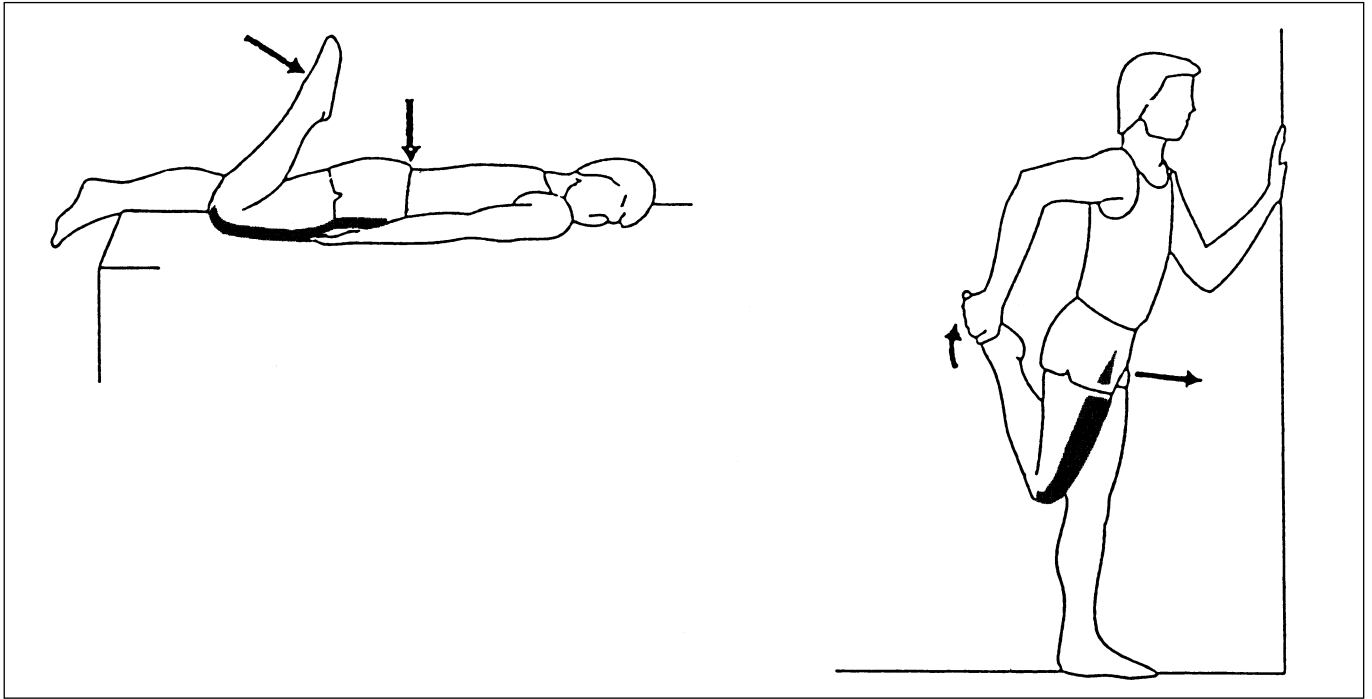


Figura 368. Test para comprobar el acortamiento del recto femoral (izquierda). Ejercicio de estiramiento (derecha) (de Weineck, 1994, 152).

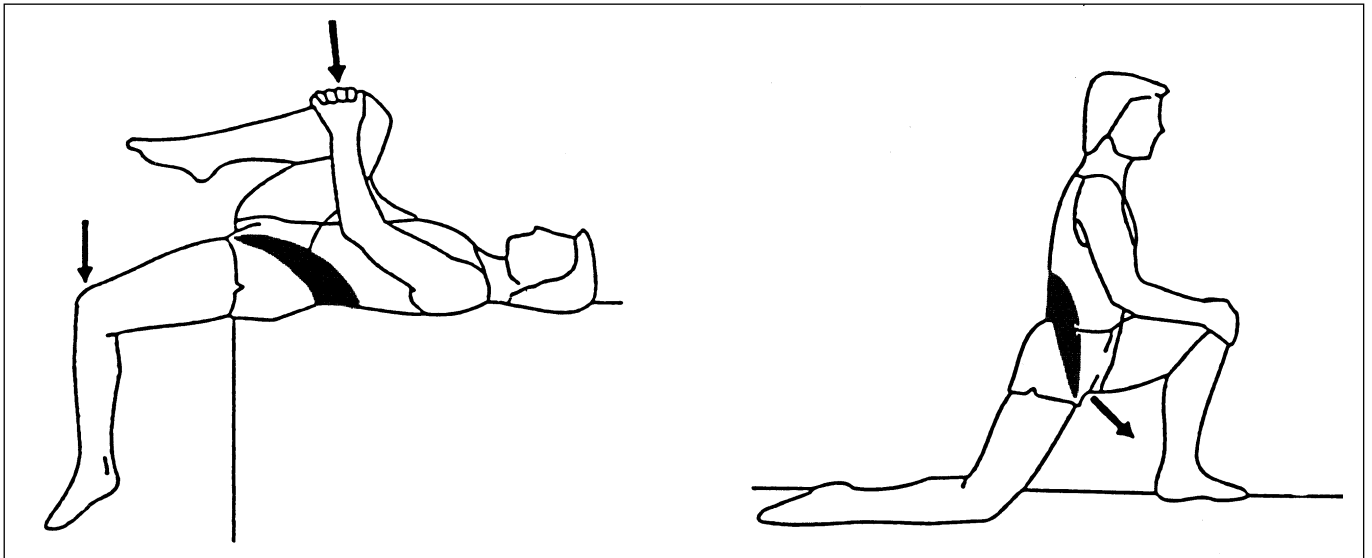


Figura 369. Test para comprobar un acortamiento del músculo psoas iliaco (izquierda). Ejercicio para su estiramiento (derecha) (de Weineck, 1994, 137).

369 muestra la realización del ejercicio del test y el ejercicio apropiado para estirar el músculo acortado.

4. Examen de la capacidad de estiramiento de los músculos aductores

Las lesiones de los aductores del muslo figuran entre las más frecuentes en muchas modalidades de juego. La causa suele ser una insuficiente capacidad de estiramiento de este grupo muscular (debida a las carencias del trabajo

de estiramiento). La figura 370 (izquierda) muestra la forma de comprobar la capacidad de estiramiento de este grupo muscular con la ayuda del test de Janda. Una abducción de 60° indica una capacidad de estiramiento buena. Una abducción de entre 40° y 60° es síntoma de un acortamiento ligero, y de un acortamiento intenso, en caso de situarse entre 25° y 40°. Como medida compensatoria resulta apropiado el ejercicio de estiramiento descrito en la figura 370 (derecha).

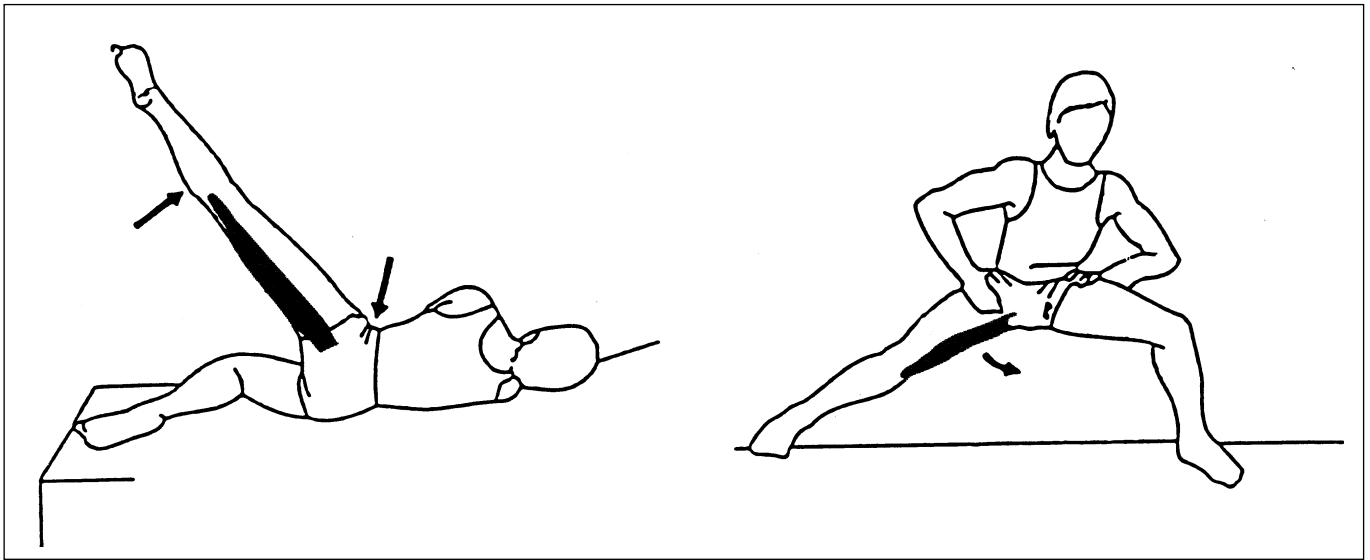


Figura 370. Test para comprobar un acortamiento de los aductores (izquierda). Ejercicio de estiramiento (derecha) (de Weineck, 1994, 140).

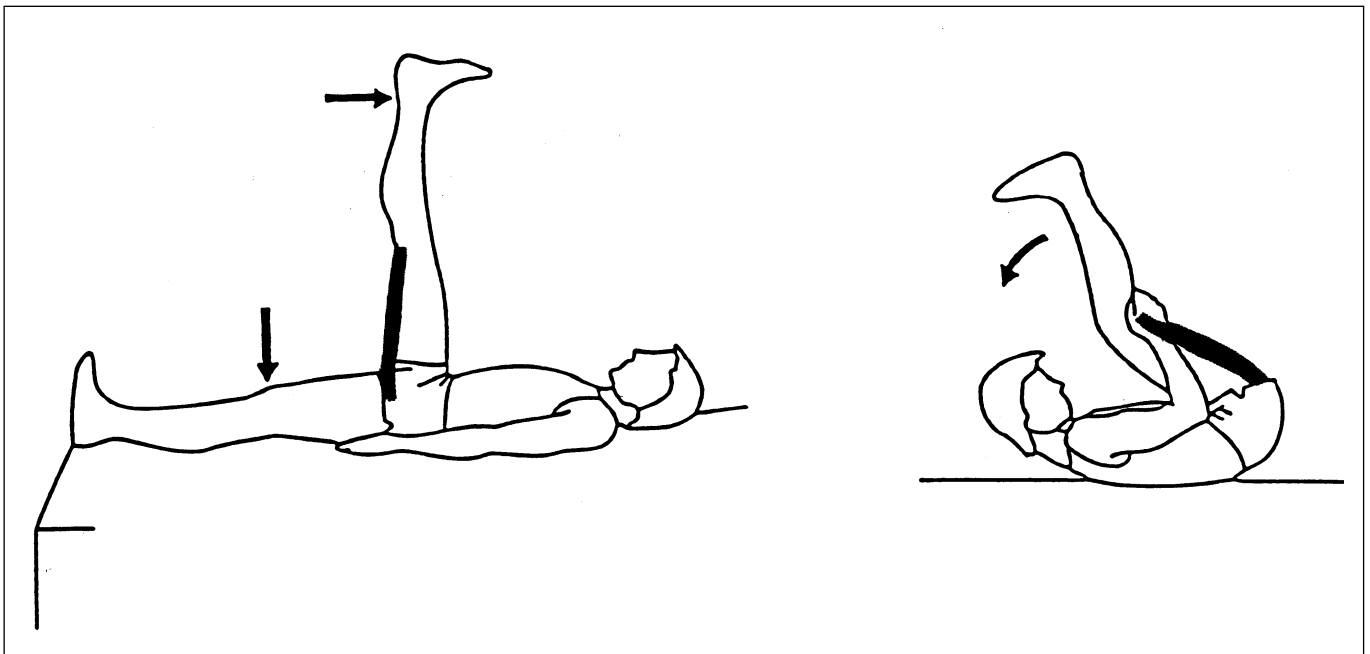


Figura 371. Test para comprobar al acortamiento de los músculos isquiotibiales (izquierda). Ejercicio de estiramiento (derecha) (de Weineck, 1994, 158).

5. Examen de la capacidad de estiramiento de los músculos isquiotibiales

Como se puede ver en la tabla 45, el grupo de los músculos isquiotibiales figura entre los que más a menudo sufren acortamiento. Con el test de Janda descrito en la figura 371 (izquierda) se puede diagnosticar la presencia de un acortamiento. La capacidad de estiramiento del grupo muscular es buena cuando una pierna se puede elevar, en extensión, hasta los 90° sin dolor por tensión en la corva,

con la pierna contraria fija. Estamos ante un acortamiento ligero si el ángulo de flexión de la cadera se sitúa entre 80° y 90°, y ante uno intenso, entre 60° y 80° (siempre sin dolor por tensión) (cf. Schmidt y cols., 1983, 273).

Para el estiramiento de unos músculos isquiotibiales acortados se puede practicar el ejercicio representado en la figura 371 (derecha); ejerciendo sobre el muslo una tracción hacia el tórax, intentamos estirar la pantorrilla tanto como podamos.

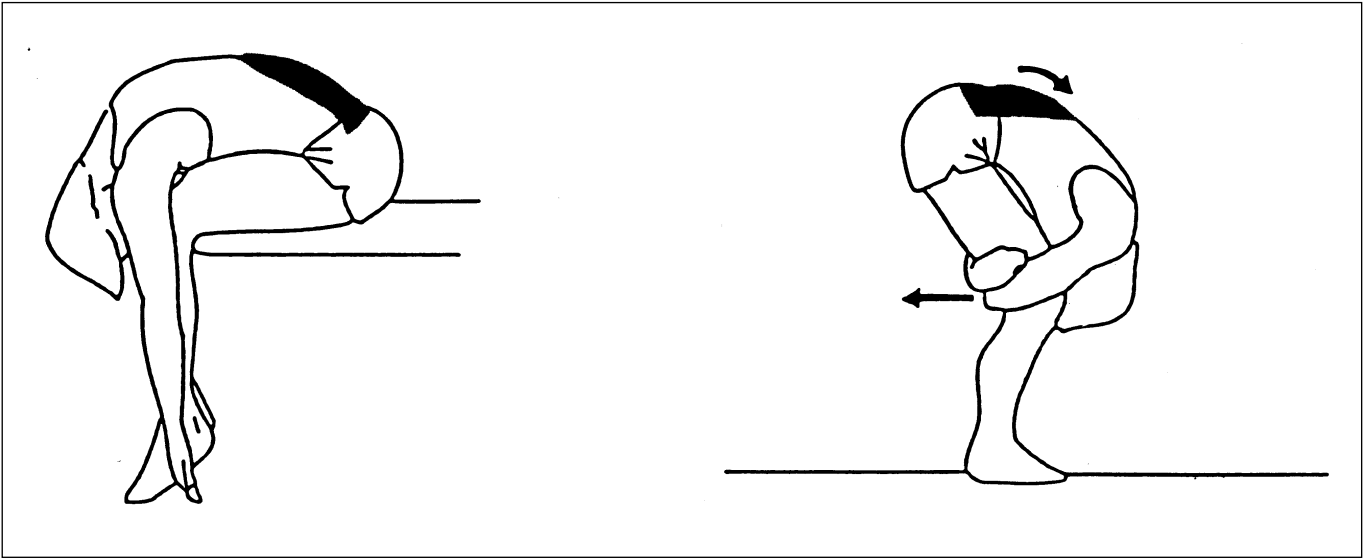


Figura 372. Test para comprobar el acortamiento del erector de la columna (porción lumbar) (izquierda). Ejercicio para su estiramiento (derecha).

6. Examen de la capacidad de estiramiento del erector de la columna

El músculo erector de la columna (porción de las vértebras lumbares) figura entre los grupos musculares acortados con mayor frecuencia (cf. tabla 45, pág. 303); este hecho ejerce un cierto influjo sobre el grado de la lordosis lumbar. La capacidad de estiramiento de este músculo es buena cuando la distancia entre la rótula y la frente se sitúa entre 0 y 10 cm. Entre 10 y 15 cm estamos ante un acortamiento ligero, e intenso, cuando hay más de 15 cm. Como medida compensatoria podemos practicar el ejercicio de estiramiento representado en la figura 372.

Entrenamiento de la movilidad en el proceso de entrenamiento a largo plazo. Periodización

Entre las principales formas de trabajo motor, la movilidad es la única que alcanza su nivel máximo en la edad infantil y que experimenta, en ausencia de entrenamiento, un empeoramiento en los años sucesivos.

Por este motivo, el trabajo de la movilidad debería iniciarse en un momento temprano, para conservar la buena movilidad de la infancia hasta la edad adulta en el sentido de un “entrenamiento de mantenimiento”, tanto más cuanto que en la mayoría de las modalidades deportivas se

producen acortamientos musculares ya desde los primeros momentos (v. pág. 472), que se podría corregir a su debido tiempo con un trabajo selectivo de movilidad y estiramientos.

En contraposición con las otras formas principales de trabajo motor, en el entrenamiento de la movilidad no existe periodización. Incluso en períodos cortos sin entrenar se produce un descenso muy rápido de la movilidad.

El estiramiento no está, por tanto, sometido a un ciclo estacional, sino anual, y de ser posible se debería practicar todos los días; cuanto más a menudo, tanto mejor el efecto.

No obstante, varios estudios muestran que, con un estiramiento practicado tres veces por semana, los deportistas sanos pueden restituir la longitud normal de los grupos musculares con tendencia al acortamiento.

Por lo general, después de un “descanso de la movilidad” los deportistas necesitan un período de unas 6 semanas hasta conseguir la flexibilidad óptima para la práctica del entrenamiento.

El programa mínimo diario (v. pág. 459) debería requerir un tiempo tan escaso que no sería percibido como una carga suplementaria del día, sino que se integraría en la vida cotidiana del mismo modo que el cepillado de los dientes.

Principios metodológicos básicos

- El trabajo de la movilidad debería efectuarse a diario, y por tanto, sin interrupciones prolongadas.
- El entrenamiento de la movilidad debería efectuarse después de un buen trabajo de calentamiento, pero nunca después de ejercicios de resistencia prolongados o en estado de fatiga muscular (v. pág. 219).
- Las pausas entre las series se deberían cubrir con ejercicios de relajación y distensión.
- En los ejercicios de estiramiento, el límite máximo se debería alcanzar varias veces y se debería superar progresivamente.
- Durante la preparación para una determinada modalidad con ejercicios de estiramiento específicos, debemos tener en cuenta que el aumento de la movilidad momentáneo conseguido mediante los ejercicios de movilidad sólo se mantiene, a temperaturas de interior, durante unos 10 minutos (Sabaseva, citado en Zaciorski, 1973, 5). Por ello se deberían evitar las pausas prolongadas después del entrenamiento de estiramiento preparatorio.
- Después de los ejercicios de movilidad activos, la mejora de la movilidad se mantiene durante más tiempo que después de los pasivos (Vasilev, citado en Zaciorski, 1973, 5).
- Para conseguir un grado de movilidad máximo, los ejercicios de estiramiento deberían realizarse no sólo en una dimensión, sino en varias (Martin, 1977, 161).
- Dado que en la movilidad activa la amplitud depende en gran medida de la fuerza de los agonistas –sobre todo en el contexto de la “flexibilidad dinámica”–, se deben incorporar ejercicios suplementarios de mejora de la fuerza (p. ej., zapatilla lastrada para el movimiento de la pierna de impulso en *straddle*).

Entrenamiento de la movilidad en las edades infantil y juvenil

Fundamentos generales

Dado que la movilidad se entrena mejor cuanto más joven es el deportista, debe prestarse atención ya en la edad infantil a trabajarla de forma apropiada, en el sentido de un entrenamiento de mantenimiento. Se trata aquí de mantener la movilidad infantil mediante ejercicios generales (movilización de la columna vertebral y de las articulaciones de la cadera y del hombro) y específicos, esto es, propios de la modalidad, oponiéndose a la progresiva consolidación de los tendones, ligamentos y cápsulas articula-

res. Por lo general, este trabajo no se realiza en una medida suficiente ni en su momento debido.

La importancia de un entrenamiento de movilidad suficiente en la edad infantil no radica tanto en mejorar la capacidad de rendimiento motor y en la profilaxis de las lesiones, tal como ocurre en los adultos (por su grado de elasticidad y su capacidad de estiramiento aún elevados, los niños pueden realizar esprints, saltos, etc., “desde la nada”, sin preparación alguna y sin riesgo de lesionarse), sino en evitar a largo plazo los desequilibrios musculares.

El papel protagonista que le corresponde a esta profilaxis de los desequilibrios musculares –referida sobre todo al acortamiento de la “musculatura de rendimiento” específica de la modalidad– queda patente en los estudios de Schmidt (1988, 268). En estudios efectuados a largo plazo, este autor ha podido mostrar que los acortamientos y debilitamientos de grupos musculares característicos (v. pág. 303) aparecen ya en edad temprana, en concreto en la infantil, en el entrenamiento de base. Así pues, en esta edad se necesita ya una actuación en sentido contrario. El procedimiento puede ser, por una parte, un entrenamiento compensatorio (fortalecimiento de grupos musculares descuidados o con tendencia a debilitarse, v. pág. 307), y por otra, un trabajo de movilidad suficiente en el sentido del estiramiento y la relajación de la musculatura con tendencia al acortamiento.

Se debe buscar un trabajo de la movilidad apropiado para los niños, si es posible con aparatos adicionales (fig. 372). Sin embargo renunciaremos a los ejercicios por parejas –en el sentido de un trabajo pasivo de la movilidad–, pues los estiramientos forzados por travesura o diversión pueden originar lesiones innecesarias de las estructuras pasivas del aparato locomotor. Los niños no poseen aún la sensibilidad necesaria para aplicar estímulos de estiramiento óptimos en el trabajo por parejas.

Debido a los cambios originados por el desarrollo en el ámbito del aparato locomotor activo y pasivo en las diferentes edades, la movilidad general presenta grados de asentamiento muy diferentes en las edades infantil y juvenil. Así pues, la necesidad de entrenamiento para alcanzar un nivel de movilidad suficiente debe evaluarse de forma diferente en cada individuo.

Entrenamiento de la movilidad en la edad preescolar

En los niños de esta edad, el aparato locomotor activo y pasivo presenta un alto grado de elasticidad (cf. Fomin/Filin, 1975, 33), y el endurecimiento del sistema óseo y articular es aún escaso (Bringmann, 1973, 845). La movilidad del niño en edad preescolar es lo suficientemente buena para no necesitar ejercicios de mejora, o para responder sólo a tareas de entrenamiento específicas (Meinel, 1976, 331). Por ello, el trabajo de la movilidad se plantea sólo en

la medida en que este componente de la capacidad de rendimiento físico se ejercite en el marco de un entrenamiento multilateral.

En la época de la primera transformación morfológica (entre el quinto y el sexto año de vida), con el habitual crecimiento de las extremidades, un entrenamiento forzado de la movilidad puede suponer, en determinadas circunstancias, un riesgo para el aparato de sustentación y apoyo, inestable en este momento.

Entrenamiento de la movilidad en la edad escolar temprana

En esta edad se puede constatar tendencias contradictorias en el desarrollo de la movilidad. Por una parte sigue aumentando la capacidad de flexión de las articulaciones de la cadera y del hombro y la columna vertebral—esta última presenta su mayor grado de movilidad entre los 8 y 9 años (Fomin/Filin, 1975, 7)—, pero, por otra parte, se puede observar ya una reducción sobre todo de la capacidad de apertura de las piernas en la articulación de la cadera y de la movilidad dirigida hacia dorsal en la articulación del hombro (Meinel, 1976, 347). Como consecuencia, el entrenamiento de la movilidad debe incluir ejercicios de estiramiento selectivos para mejorar la capacidad de apertura en la articulación de la cadera y para aumentar la movilidad de la articulación del hombro. En las modalidades que requieren un alto grado de movilidad articular (p. ej., gimnasia de aparatos, saltos de trampolín, gimnasia rítmica) se puede iniciar también un trabajo específico de la movilidad. No obstante, aun especializándose en una modalidad, sigue teniendo prioridad el trabajo de la movilidad general, para evitar la unilateralidad y los daños por sobrecarga a ella asociados.

Como contenidos de entrenamiento para trabajar la movilidad general disponemos en esta edad de ejercicios de carácter lúdico, tomados de la gimnasia general, y de juegos menores.

Atención. En la edad infantil, debido a la marcada pulsión por el movimiento, predominan los ejercicios de movilidad dinámicos frente a los pasivos o los estáticos.

A continuación hacemos varias propuestas apropiadas para trabajar la movilidad en los niños, orientadas a mejorar la movilidad de la columna vertebral y basadas en ejercicios con balón medicinal y de relevos:

1. Ejercicio para mejorar la capacidad de flexión (fig. 372)

Dos compañeros se sitúan a distancia de un metro dándose la espalda, ambos en la postura del arco en tensión,

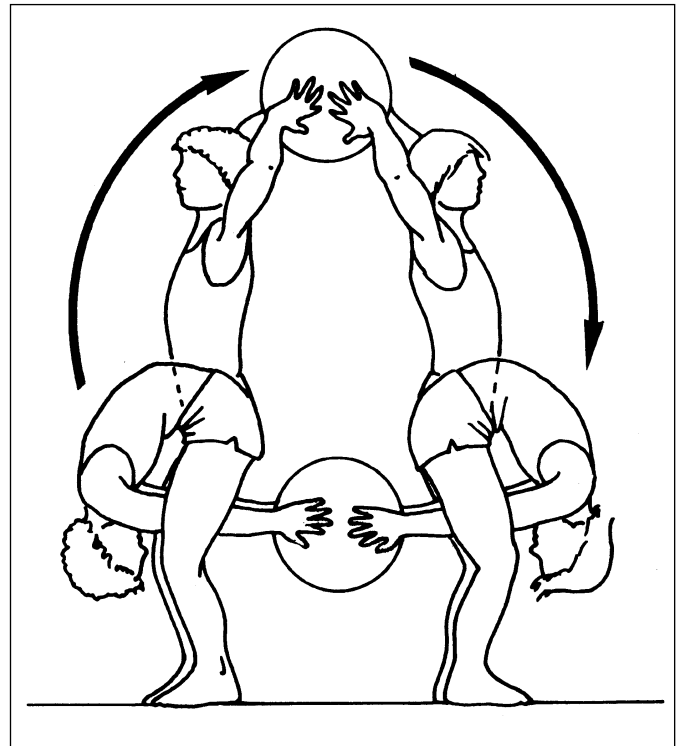


Figura 372a. Ejercicio para mejorar la capacidad de flexión de la columna vertebral.

con el balón sujeto por encima del hombro. El balón se entrega entre las piernas abiertas (cf. Bauermeister/Teuber, 1971, 122). ¿Qué pareja consigue más entregas de balón en 30 segundos?

Objetivo. Estiramiento de los grupos musculares del tronco y de la extremidad inferior (fortalecimiento de los extensores de la espalda).

Este ejercicio se puede practicar también, de forma un tanto modificada, como competición por equipos de “balón errante”. El grupo se sitúa en fila; en primer lugar el balón se desplaza hacia atrás sujetándolo por encima de los hombros, y el último jugador corre hasta situarse en cabeza de la fila. A continuación se entrega el balón a través de la apertura de las piernas. Gana el equipo que alcanza en primer lugar la posición de partida.

Como ejercicios equiparables resultan también apropiados:

- Asiento con piernas abiertas, un balón cualquiera junto a la rodilla, a derecha o izquierda: ¿quién es capaz de rodar el balón alrededor de la pierna, por fuera, una, dos o más veces? ¿Quién puede hacerlo en menos tiempo? ¿Quién lo hace más veces en un minuto?

Objetivo. Estiramiento de la musculatura dorsal del tronco, la pelvis, el muslo y la pantorrilla.

- “Cortar leña”

Después de una fase de preparación “vigorosa” del movimiento –los niños simulan que agarran un hacha–, se “corta leña” con toda la fuerza, llevando los puños hasta el suelo. Cuanta mayor movilidad posean los niños, tanto más se adelantará el punto en el que tocan el suelo.

Objetivo. Dado el carácter marcadamente dinámico, la musculatura de la espalda se fortalece al erguirse, mientras que al “golpear” se estira como en el ejercicio anterior.

2. Ejercicio para mejorar la capacidad de torsión de la columna vertebral (fig. 373)

Ambos compañeros de pie, dándose la espalda a una distancia aproximada de 0,5 m. El balón se entrega alternando con velocidad ambos lados. ¿Qué pareja consigue el mayor número de entregas en 30 segundos?

Este ejercicio se puede practicar también como juego de equipo (“balón errante”). El grupo adopta la posición en fila. El último jugador que recibe el balón corre hacia delante. Gana el grupo que se sitúa antes en la posición de partida.

3. Ejercicio para mejorar la movilidad lateral de la columna vertebral

“Balón errante” en posición en línea. La entrega y la recepción del balón se efectúan mediante flexión del tronco hacia un lado. El último jugador corre hacia delante.

Gana el grupo que se sitúa antes en la posición de partida.

4. Ejercicio combinado para trabajar la movilidad de la columna vertebral (flexión y giro)

De pie, de espaldas a la pared, a distancia de un metro. Lanzamiento a través de la apertura de las piernas seguido de captura del balón (fig. 374).

Esta breve selección de ejercicios dinámicos apropiados para los niños, también en forma de competición, muestra que el trabajo de estiramiento no se suele practicar aisladamente, sino casi siempre asociado a ejercicios de fortalecimiento. La alternancia de los grupos musculares produce un fortalecimiento sistemático y un estiramiento del aparato locomotor infantil.

Cuanto más cuidadosa y exhaustiva es la consolidación de los fundamentos gimnásticos en los primeros años, mejor es la influencia sobre la futura actitud de los niños, más preparados están éstos para las cargas intensas de su modalidad, y más seguridad tenemos de evitar los desequilibrios musculares que en otro caso aflorarían en edad temprana (con grupos musculares acortados, por la unilateralidad del entrenamiento, o desarrollados de forma insuficiente por descuido).

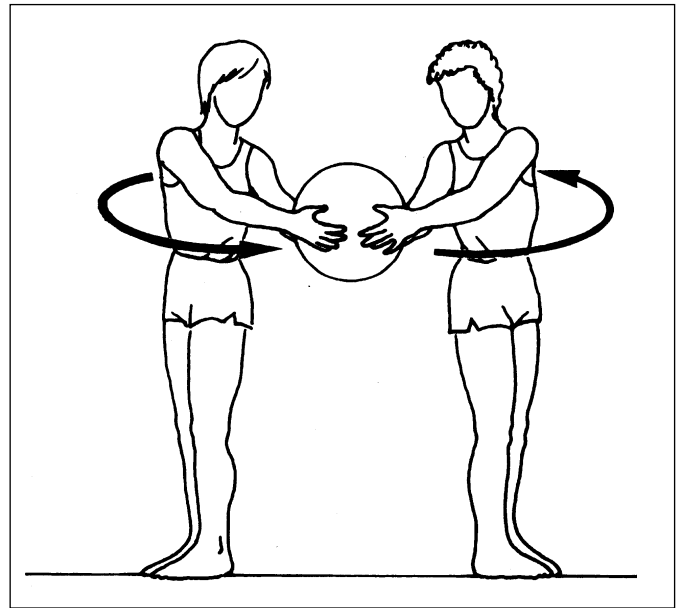


Figura 373. Ejercicio para mejorar la capacidad de flexión de la columna vertebral.

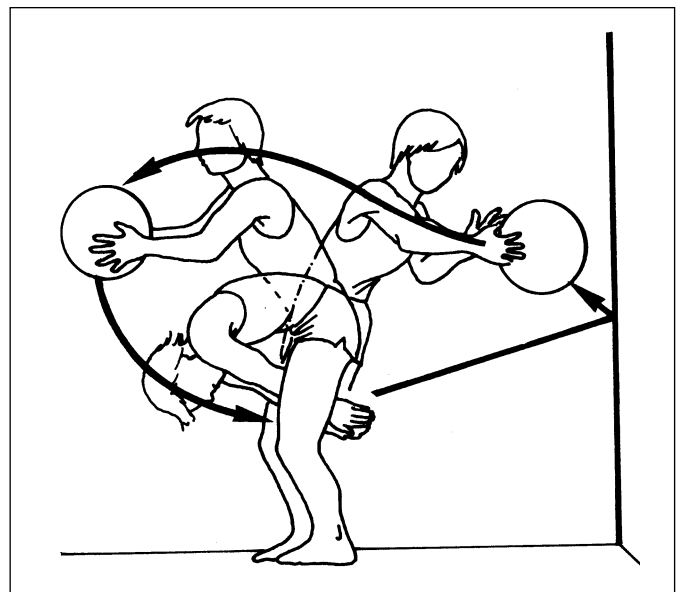


Figura 374. Ejercicio combinado que mejora la movilidad de la columna vertebral.

Entrenamiento de la movilidad en la edad escolar tardía

La movilidad de la columna vertebral y de las articulaciones de la cadera y del hombro sigue aún aumentando en las direcciones en las que se ejercita (Meinel, 196, 361). Por este motivo, el trabajo principal del entrenamiento de la movilidad debe realizarse en este período, ya que posteriormente las posibilidades se limitan a mantener el nivel alcanzado, quedando excluido cualquier tipo de mejora (cf. Zaciorski, 1973, 5; Sermeiev, 1964, 436).

Dado que en la edad escolar tardía muchas modalidades inician ya el entrenamiento juvenil, incluso el de alto rendimiento, en esta etapa se puede incrementar la cuota de ejercicios de movilidad específicos.

Importante. Los ejercicios en la postura sedente del salto de valla, en todas sus variaciones (p. ej., cambio rápido de la postura, de un lado a otro) son completamente superfluos en la mayoría de las modalidades (la posición antifisiológica de flexión de la rodilla carga el conjunto del aparato ligamentario de dicha articulación de una forma biomecánicamente desfavorable). Por este motivo, deberíamos renunciar en general a este ejercicio.

Trabajo de la movilidad en la pubescencia

Hacia el final de la edad escolar tardía se inicia el empujón del crecimiento de la primera fase puberal. El incremento anual de estatura se sitúa entre los 8 y 10 centímetros (Harre, 1976, 43). En este momento, debido a los cambios hormonales (sobre todo por el influjo de las hormonas sexual y del crecimiento), se produce una reducción de la capacidad de resistencia mecánica en el aparato locomotor pasivo (cf. Morscher, 1975, 10). El enorme impulso del crecimiento en sentido longitudinal y la menor capacidad de carga mecánica del aparato locomotor pasivo tienen consecuencias diversas. Por una parte, se puede constatar en esta fase un empeoramiento de la movilidad, debido probablemente al hecho de que la capacidad de estiramiento de músculos y ligamentos va por detrás del acelerón en el crecimiento longitudinal (Frey, 1978, 186); por ello resulta absolutamente necesario un trabajo consecuente de la movilidad. Por otra parte, la menor capacidad de carga mecánica requiere una selección cuidadosa de los contenidos, la intensidad y el volumen del ejercicio en el entrenamiento de la movilidad.

Se debería buscar una relación equilibrada entre carga y tolerancia ante la carga. Además se debería renunciar a los ejercicios de estiramiento pasivos, sobre todo con el apoyo del compañero, y a los ejercicios de estiramiento unilaterales, intensivos y voluminosos.

En concreto, los riesgos en esta edad se centran en la columna vertebral y en la articulación de la cadera.

Dado que en el momento del empujón del crecimiento disminuye la tolerancia a la carga del cartílago vertebral en crecimiento (Morscher, 1975, 14), deberían evitarse las cargas exageradas de torsión y de flexión, así como la hiperflexión hacia delante y la hiperextensión hacia atrás. Si se supera el nivel de tolerancia a la carga mecánica de

las placas terminales cartilaginosas vertebrales, pueden producirse invasiones del tejido del disco intervertebral en el tejido esponjoso del cuerpo vertebral, y en consecuencia los llamados nódulos de Schmorl: éstos desempeñan un papel decisivo en la génesis de la enfermedad de Scheuermann (fijación de espalda redonda con insuficiencia postural). También la articulación de la cadera está particularmente amenazada en esta edad. Por este motivo deberemos evitar los ejercicios forzados de inclinación, separación y estiramiento, pues generan esfuerzos extremos de corte y de tracción en el aparato locomotor pasivo (Müller/Hähnel, 1976). En determinadas circunstancias, una sobrecarga constante puede producir epifisiólisis de la cabeza del fémur (cf. Morscher, 1975, 13).

Como resumen se puede decir que en la pubescencia se necesita a toda costa un entrenamiento general y multilateral de la movilidad; sin embargo, se deben evitar en cualquier circunstancia las sobrecargas del aparato locomotor pasivo.

Entrenamiento de la movilidad en la adolescencia

Después del empujón del crecimiento en sentido longitudinal, en la adolescencia se intensifica el crecimiento en anchura, con la consiguiente recuperación de las proporciones corporales. En las chicas se cierran ya las líneas de crecimiento, lo que implica una mayor capacidad de carga del aparato locomotor pasivo; en los chicos disminuye la velocidad de todos los parámetros del crecimiento, en una transición progresiva entre el joven y el adulto que conduce también a una mayor tolerancia de la carga física.

Dado que se va asentando un equilibrio psíquico creciente y una visión del mundo más intelectual, y que se alcanza más o menos la capacidad de carga psicofísica del adulto, se va utilizando cada vez más los métodos y contenidos de entrenamiento de los adultos.

En el trabajo de la movilidad predominan ahora los métodos de estiramientos y el repertorio de ejercicios selectivos y específicos de la modalidad utilizados en el ámbito de los adultos. Cada joven debería plantearse como rutina un programa mínimo y básico de estiramientos, de intensificación progresiva. Debe tenerse una idea clara del sentido y el contexto de esta práctica. Asimismo, hay que adecuar el repertorio de ejercicios a las necesidades individuales. También se puede utilizar a partir de este momento los ejercicios de realización pasiva.

Las posibilidades indicadas de entrenamiento de la movilidad adecuado a la edad no deben tomarse como un esquema rígido para cada una de las etapas. Los métodos y

contenidos tienen que adaptarse a las circunstancias y posibilidades individuales y específicas de la modalidad. El hecho de que las diferentes categorías de edad se consideren también desde el *punto de vista del rendimiento*—en muchas modalidades, como, por ejemplo, gimnasia de aparatos, gimnasia rítmica deportiva o natación se entrena ya a estas edades en el nivel de alto rendimiento— excluye toda rigidez en cuanto a la clasificación de las edades. No obstante, debería quedar claro el interés de entrenar la movilidad con un carácter lúdico en la etapa infantil, y de adoptar gradual y progresivamente los métodos y contenidos del entrenamiento de adultos.

Debería quedar claro también que en la pubescencia (denominada también primera fase puberal) disminuye la capacidad de carga en relación con los ejercicios de estiramiento, circunstancia que requiere una delicadeza extrema en el trabajo de entrenamiento.

Principios metodológicos básicos para el entrenamiento de la movilidad en las edades infantil y juvenil

1. La movilidad está muy bien asentada en la edad infantil (hasta el décimo año de vida aprox.). A partir de esta edad debería hacerse hincapié en el entrenamiento de la movilidad, para mantener el nivel alcanzado hasta el momento.
2. Hasta el décimo año de vida el entrenamiento de la movilidad, de realizarse, debería ser de tipo general.
3. La movilidad no se debería desarrollar de forma ilimitada, sobre todo en las edades infantil y juvenil, pues una movilidad desarrollada de forma extrema tiene efectos negativos sobre el desarrollo de las otras cualidades motoras y puede dar lugar a debilidades posturales.
4. La movilidad no se desarrolla de forma regular en los diferentes sistemas articulares. Un aumento de la movilidad en la columna vertebral debido al crecimiento no se corresponde necesariamente, por ejemplo, con un aumento de la movilidad en la articulación de la cadera. El trabajo de la movilidad debe tener en cuenta este fenómeno.
5. El entrenamiento de la movilidad debería practicarse de forma adecuada a la edad.
6. Los diferentes ejercicios de movilidad deberían elegirse sobre todo en el ámbito del estiramiento activo. Los ejercicios de estiramiento pasivos o estáticos sólo se deberían utilizar a partir de la adolescencia.
7. Si se constata un grado exagerado de movilidad asociado a síntomas de debilidad postural, se debería hacer hincapié en el fortalecimiento de la musculatura, y no en un mayor estiramiento de un aparato locomotor pasivo ya débil, con el fin de evitar un empeoramiento del cuadro sintomático postural.

Consideraciones finales: consecuencias para la práctica del entrenamiento

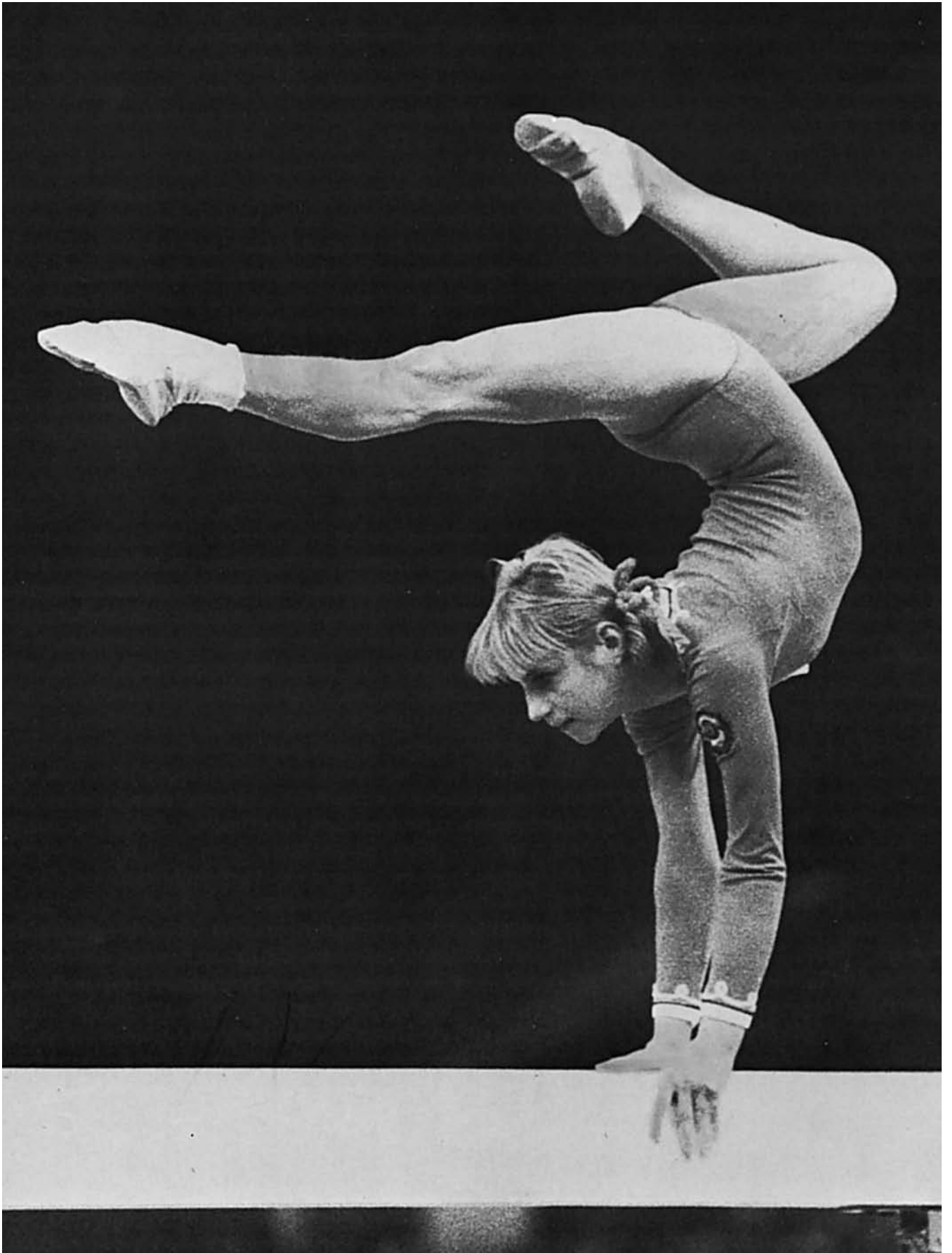
El trabajo de la movilidad del deportista es un componente integrador de cualquier tipo de entrenamiento; efectuado sobre todo al principio de la sesión o en la preparación inmediata de la competición, en la “sección de calentamiento”, desempeña un papel importante en relación con la profilaxis de las lesiones. El trabajo de la movilidad no se debe considerar como un fin en sí mismo, sino en relación con la actividad específica de la modalidad. Los ejercicios de estiramiento se deberían practicar sobre todo en los grupos musculares sometidos en mayor medida a las exigencias específicas de la modalidad. Por otra parte, los ejercicios de estiramiento, en el sentido de *ejercicios compensatorios*, desempeñan un papel importante en aquellas situaciones en las que los acortamientos musculares debidos al entrenamiento podrían restringir la mecánica articular y, en consecuencia, producir alteraciones degenerativas a largo plazo en el ámbito del aparato locomotor activo y pasivo.

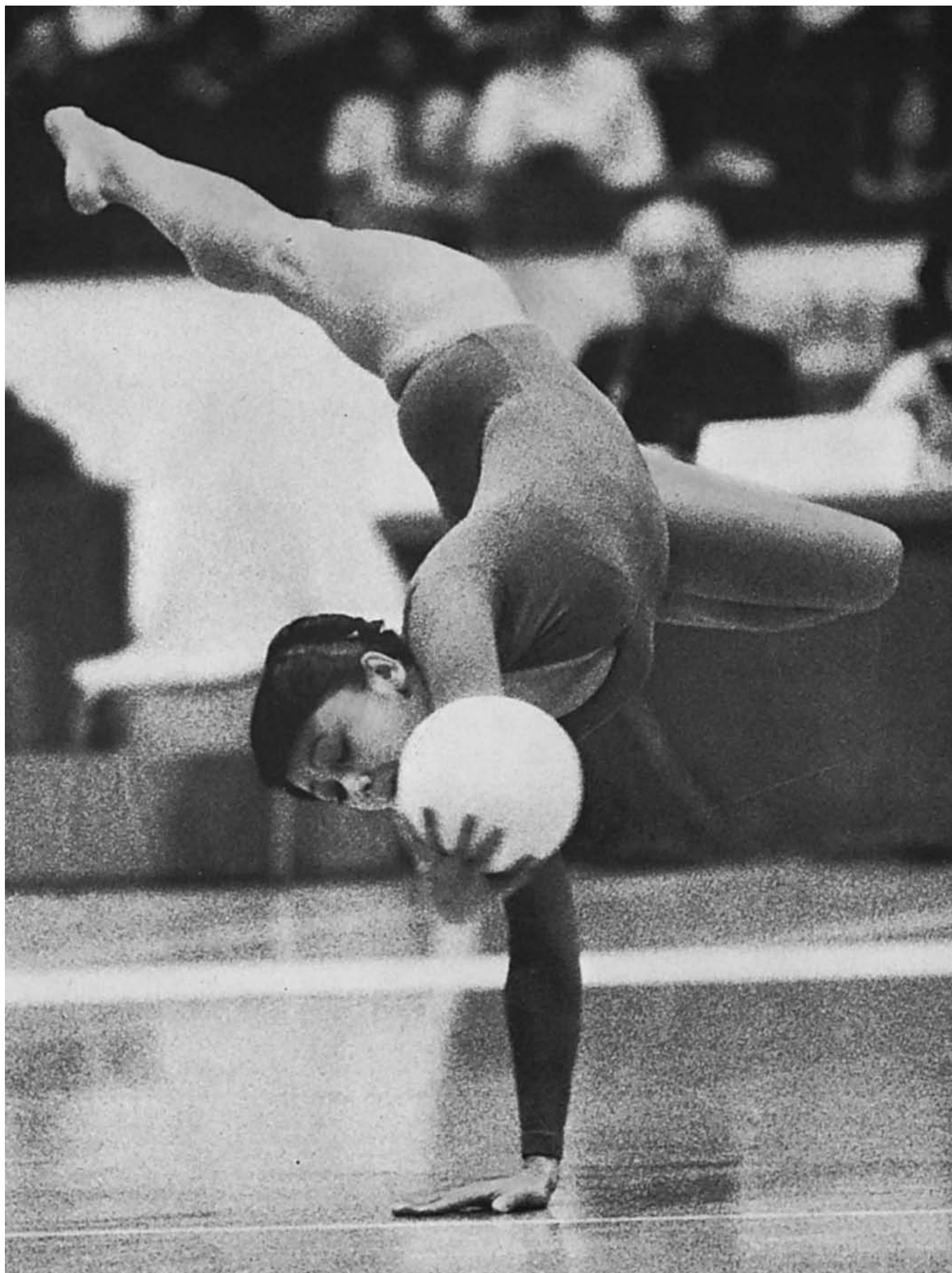
Por ello, un trabajo selectivo de la fuerza debe ir acompañado siempre por un entrenamiento de la movilidad; cuanto más se fortalezca un grupo muscular, tanto más debe estirarse y relajarse inmediatamente después del trabajo de fortalecimiento.

Para el deportista, los recursos lógicos en el ámbito de la movilidad son los ejercicios pasivos (limitados), estáticos (*stretching*) y activos (sobre todo en el ámbito infantil y juvenil). Los ejercicios de estiramiento desempeñan un papel básico en el actual trabajo de la movilidad, por su valor como prevención a corto y largo plazo de lesiones y daños corporales.

Además de los ejercicios estándar mencionados, que no deberían faltar en ninguna sesión de entrenamiento o de trabajo en casa, se puede buscar de muchas maneras ejercicios similares para su integración en la rutina del entrenamiento; así se satisfacen las necesidades de amenidad y multilateralidad. No obstante, dicha multilateralidad no debe impedir un trabajo de entrenamiento selectivo, en el sentido de un revoltijo sin planificación.

Finalmente, los ejercicios de estiramiento desempeñan también un papel en el ámbito de las medidas de regeneración, en el sentido de un descenso del tono muscular y la consiguiente recuperación acelerada después de la competición y el entrenamiento (v. pág. 450).





16 Entrenamiento de las capacidades coordinativas

Definición

Las *capacidades coordinativas* (sinónimo: *agilidad*) son capacidades determinadas sobre todo por la coordinación, esto es, por los procesos de regulación y conducción del movimiento (Hirtz, 1981, 348). Habilitan al deportista para dominar de forma segura y económica acciones motoras en situaciones previstas (estereotipos) e imprevistas (adaptación), y para aprender los movimientos deportivos con relativa velocidad (Frey, 1977, 356).

Las *capacidades coordinativas* deben distinguirse de las *destrezas*: estas últimas se refieren a acciones motoras concretas y consolidadas, en parte automatizadas, mientras que las *capacidades coordinativas* son condiciones del rendimiento humano consolidadas, aunque generalizadas, esto es, básicas para toda una serie de acciones motoras (cf. Hirtz, 1981, 349).

Tipos de capacidades coordinativas

Distinguimos las capacidades coordinativas *generales* de las *específicas*. Las capacidades coordinativas *generales* son el resultado de un trabajo motor múltiple en diferentes modalidades. Se manifiestan en los diferentes ámbitos de la vida cotidiana y del deporte para solucionar de forma racional y creativa las tareas que requieren movimiento (cf. también Harre/Deltow/Ritter, citado en Raeder, 1970, 69).

Por el contrario, las capacidades coordinativas *específicas* se desarrollan más en el marco de la disciplina de competición correspondiente y se caracterizan, según Osolin (1952, 164), por la capacidad para variar la técnica propia de la modalidad. Una característica de las capacidades coor-

dinativas específicas es la aparición de constelaciones complejas típicas: dependiendo de la modalidad, se otorga una relevancia especial a determinadas combinaciones de componentes, con relaciones jerárquicas e infraestructurales específicas.

Importancia de las capacidades coordinativas

De forma muy general, las capacidades coordinativas se necesitan para dominar situaciones que requieren una actuación rápida y orientada a un objetivo. La habilidad tiene también un gran valor en el sentido de una profilaxis de los accidentes (permite evitar colisiones, caídas, etc.).

- Las capacidades coordinativas son el fundamento de una buena capacidad de aprendizaje sensoriomotor, esto es, cuanto mayor es su nivel, mayor es la velocidad y eficacia con que se aprenden movimientos nuevos o difíciles. Korobkov (citado en Raeder, 1970, 68) se refiere al entrenamiento de la habilidad como un “entrenamiento de la entrenabilidad”.
- El alto grado de economía propio de una habilidad bien desarrollada se debe a la precisión de la regulación motora y permite ejecutar movimientos idénticos con un gasto escaso, con el consiguiente ahorro de energía. De esta forma la habilidad determina el grado de aprovechamiento de las capacidades de condición física.
- Sobre la base de una capacidad de rendimiento coordinativo bien desarrollada se puede aprender y reaprender destrezas deportivo-técnicas incluso en años de entrenamiento tardíos.
- Un alto nivel de capacidades coordinativas permite adquirir de forma racional destrezas deportivo-técnicas procedentes de otras modalidades, que se pueden aprovechar, por ejemplo, para la condición física general y para el entrenamiento compensatorio (cf. Colectivo de Autores, 1982, 95/96).

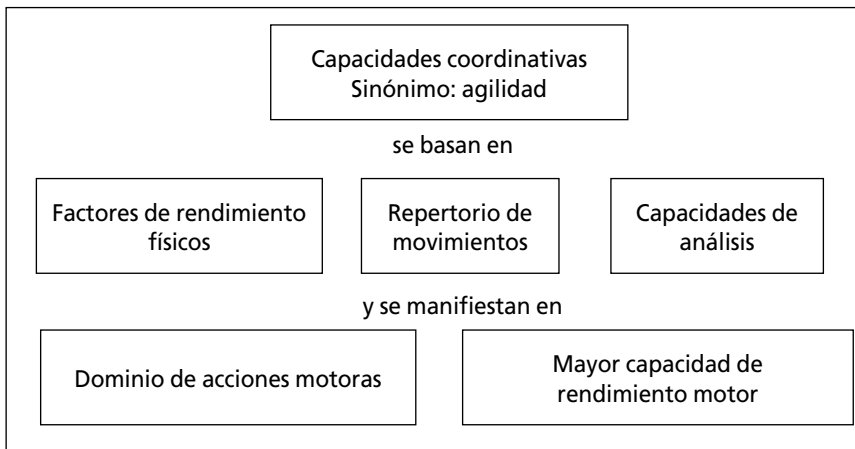


Figura 375. Representación esquemática de los fundamentos y formas de manifestación de las capacidades coordinativas (cf. Hirtz/Rübesamen/Wagner, 1972, 743).

Entrenabilidad de las capacidades coordinativas

Aunque los diferentes componentes de las capacidades coordinativas alcanzan su grado de desarrollo óptimo en momentos a veces muy distantes (cf. Hirtz, 1977, 509, v. pág. 494), se puede decir de forma general que las habilidades experimentan su mayor empujón de desarrollo entre el séptimo año de vida y la aparición de la pubertad (cf. Stemmler, 1977, 278; Hirtz, 1976, 385). En esta época se observa, según Bringmann (1973, 846), una maduración más rápida del SNC. Paralelamente se produce un aumento de la función de los analizadores acústico y óptico, con una mejora simultánea de la elaboración informativa, de modo que se facilita el entrenamiento de las destrezas motoras complicadas.

Por tanto, el trabajo a su debido tiempo de las capacidades coordinativas reviste una importancia decisiva para la capacidad de desarrollo que se alcanzará en momentos posteriores.

En el transcurso de la vida las capacidades coordinativas declinan con mayor o menor velocidad en función del entrenamiento, y en una relación de dependencia y paralelismo con el descenso de los factores de rendimiento físico y de la calidad de los procesos de coordinación y regulación.

La figura 375 muestra que las capacidades coordinativas se manifiestan en las actividades deportivas, y que por otra parte se desarrollan como consecuencia de dichas actividades (cf. Blume, 1978, 32).

Componentes de las capacidades coordinativas

Para permitir un trabajo detallado de las capacidades coordinativas en el proceso de entrenamiento general, interesa tener presente la complejidad de dichas capacidades, pero también reconocer sus componentes parciales y la importancia que éstos revisten en el marco del trabajo de las habilidades (cf. Hirtz, 1976, 384).

El conocimiento exacto de los componentes parciales, que, según los resultados de los estudios de Farfel (1979, 34), no suelen guardar correspondencia entre sí, reviste una importancia especial, dado que permite subsanar las posibles carencias parciales. Por ello, las capacidades coordinativas mejoran sustancialmente si los diferentes componentes se desarrollan de forma tan selectiva como las capacidades de condición física (cf. Blume, 1978, 141). Como hasta la fecha no disponemos de estudios que clarifiquen de modo definitivo el número y la estructura exacta de los diferentes componentes, y las relaciones entre ellos, la indicación de dichos componentes parciales deberá tomarse como una mera ayuda orientativa para el trabajo de las capacidades coordinativas, no como un estudio científico definitivo acerca de esta cualidad compleja.

Como componentes de las capacidades coordinativas se consideran: la capacidad de adaptación motora y de adaptación a las variaciones, la capacidad de diferenciación y de regulación, la capacidad de reacción, la capacidad de orientación, la capacidad de equilibrio, la capacidad de ritmo y la capacidad de combinación y de acoplamiento de los movimientos (cf. Hirtz/Rübesamen/Wagner, 1972, 742; Frey, 1977, 356; Colectivo de Autores, 1982, 96).

La figura 376 nos ofrece una visión global de la estructura de las capacidades coordinativas esenciales.

A continuación describiremos brevemente las siete capacidades aisladas más importantes para la capacidad de rendimiento deportivo y su importancia específica.

Capacidad de acoplamiento y combinación de los movimientos

Por capacidad de acoplamiento y combinación de los movimientos entienden Meinel/Schnabel (1987, 250) la capacidad de coordinar intencionalmente movimientos parciales del cuerpo (p. ej., movimientos parciales de las

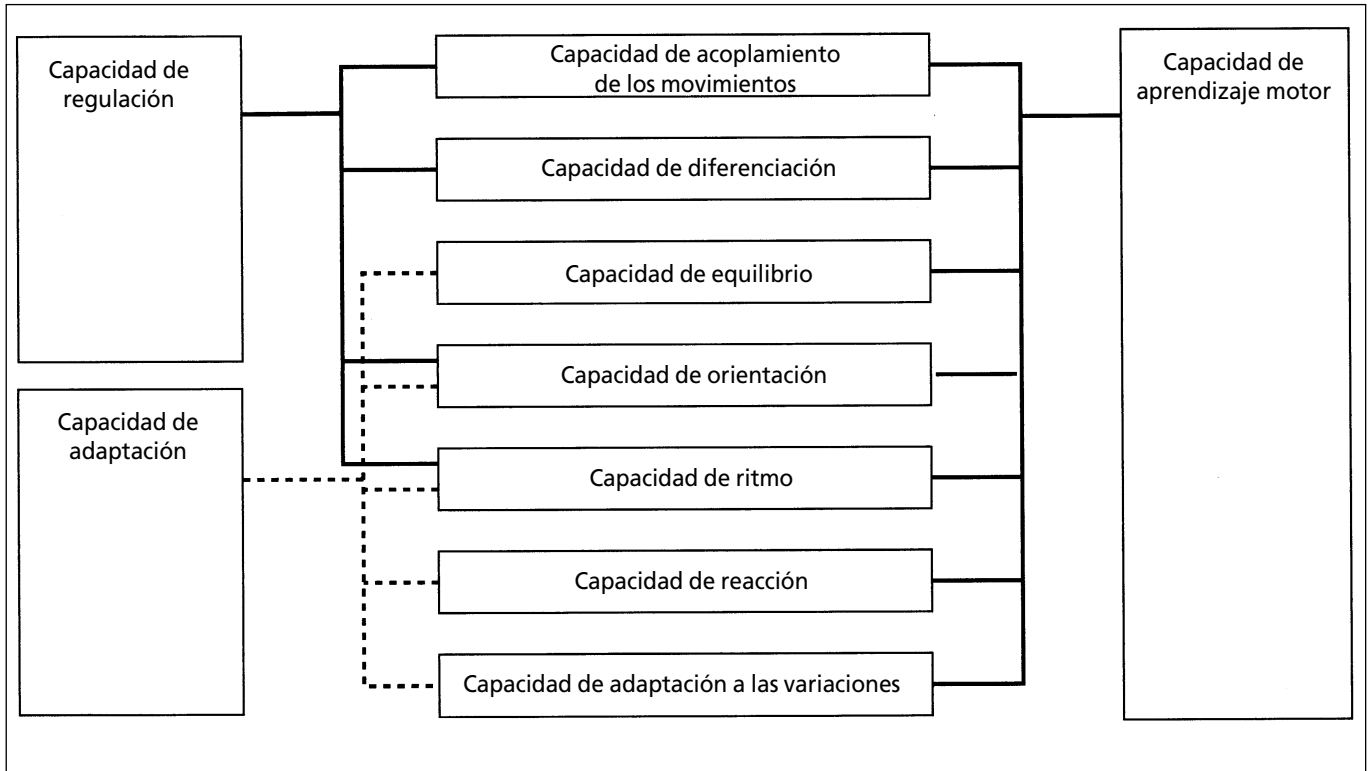


Figura 376. Marco estructural de las capacidades coordinativas (de Meinel/Schnabel, 1987, 258).

extremidades, del tronco y de la cabeza) entre sí y en relación con un movimiento de todo el cuerpo dirigido a un objetivo determinado.

Una mala capacidad de acoplamiento se observa, por ejemplo, en el sprinter cuando es incapaz de coordinar de forma óptima el trabajo de los brazos con el trabajo de las piernas. En el “ABC de la carrera” (v. pág. 427) esta carencia queda de manifiesto en los ejercicios de regate y de *skipping* si se practican con una frecuencia muy elevada. Igualmente, en el salto de altura, un trabajo de brazos mal sincronizado o no sincronizado en absoluto incidirá desfavorablemente sobre el rendimiento de salto.

Capacidad de diferenciación

Por capacidad de diferenciación entienden Meinel/Schnabel (1987, 248) la capacidad para conseguir un ajuste fino entre las diferentes fases del movimiento y entre los movimientos de las partes del cuerpo, que se manifiesta en una gran precisión y economía de movimientos.

La capacidad de diferenciación se expresa por lo general como sensibilidad ante el balón, ante el agua o la nieve, etc. Incluye la capacidad de ajuste fino entre los músculos y es determinante para el rendimiento en la mayoría de las modalidades.

Con su correspondiente ejercicio se desarrolla en un momento muy temprano de la vida, y en algunas modalidades no es entrenable después de la edad infantil y juvenil en una medida comparable. Ejemplo: todos los esquiadores de la selección nacional han comenzado a “experimentar” sus capacidades de diferenciación propias de la modalidad en la edad preescolar o en la edad escolar temprana (v. también pág. 482).

Capacidad de equilibrio

Por capacidad de equilibrio entienden Meinel/Schnabel (1987, 253) la capacidad para mantener el conjunto del cuerpo en estado de equilibrio, y de conservar o restaurar dicho estado durante y después de los desplazamientos amplios del cuerpo.

Como se puede ver en la figura 376, la capacidad de equilibrio se manifiesta en las formas más variadas. El proceso del entrenamiento debería tomar suficientemente en consideración esta multiplicidad, a pesar de las necesidades específicas de la modalidad.

La capacidad de equilibrio es una capacidad coordinativa que se desarrolla en un momento especialmente temprano (cf. también fig. 382), y que por tanto se debería entrenar desde un principio con especial énfasis. El balanceo, la conducción del velocípedo de una rueda, etc., son destrezas que los niños adquieren sin problemas ya en las edades preescolar o escolar temprana. Los intentos de aprender la conducción sobre una rueda por parte de nuestros propios hijos, y de niños de los cursos primero y segundo de la escuela elemental, muestran que todos ellos –incluso aquellos con fama de menos dotados– aprenden esta habilidad motora, aparentemente difícil, en un abrir y cerrar de ojos con la correspondiente ayuda.

En el transcurso de su carrera deportiva el deportista pierde su equilibrio tanto interna como externamente. El correspondiente proceso de aprendizaje reduce la frecuencia y la incidencia de las situaciones de pérdida del equilibrio, contribuyendo a aumentar la capacidad y la constancia del rendimiento deportivo, y también a prevenir las lesiones.

Capacidad de orientación

Por capacidad de orientación entienden Meinel/Schnabel (1987, 252) la capacidad para determinar y modifi-

car la situación y los movimientos del cuerpo en el espacio y en el tiempo, en relación con un campo de acción definido (p. ej., terreno de juego, ring de boxeo, aparatos de gimnasia) y/o con un objeto en movimiento (p. ej., balón, contrario, compañero).

La capacidad de orientación se puede subdividir en una vertiente espacial y otra temporal. Ambas pueden manifestarse por separado, pero también –en el caso más frecuente– en estrecha vinculación entre sí.

El control correcto del tiempo (*timing*, capacidad de orientación temporal) desempeña un papel decisivo para el éxito de las acciones en los juegos de balón, como en el remate de cabeza en fútbol o la asistencia en baloncesto.

El pase hacia el espacio libre exige, por una parte, una “visión periférica” bien desarrollada (capacidad de orientación espacial), capaz de ordenar espacialmente los movimientos de los compañeros, los rivales y el balón, pero también un buen control del tiempo: el balón debe pasarse hacia la carrera en el momento adecuado. Una mala capacidad de orientación espacio-temporal se puede reconocer en el pase “a la espalda” (también puede deberse a carencias de tipo técnico).

Capacidad de ritmo

Por capacidad de ritmo entienden Meinel/Schnabel (1987, 255) la capacidad para procesar un ritmo que nos viene dado del exterior, de reproducirlo en forma de mo-

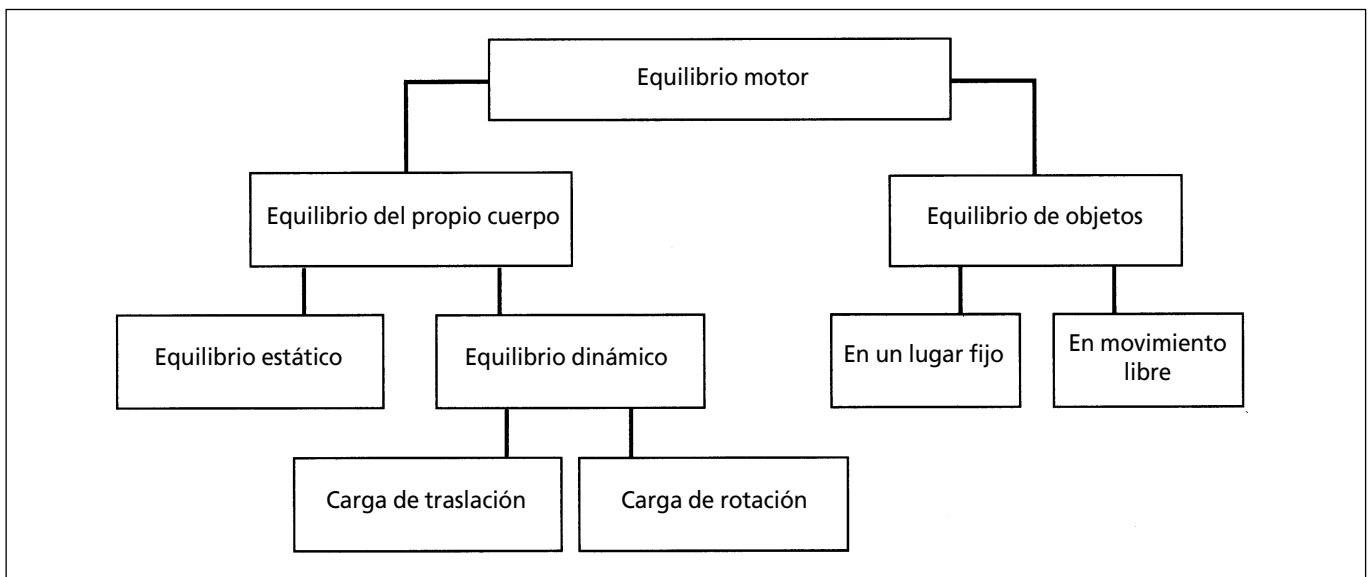


Figura 376. Tipos de equilibrio (de Fetz, 1989, 258).



vimientos y de plasmar en la actividad motora propia el ritmo “internalizado” de un movimiento, ritmo existente en las propias representaciones mentales.

La capacidad de ritmización desempeña en todas las modalidades un papel importante, en sentido estricto y en sentido amplio.

En sentido estricto: el bailarín que pierde el ritmo no podrá esperar calificaciones altas; el atleta que gira de forma arrítmica durante el lanzamiento del disco no conseguirá un trabajo óptimo o un buen estiramiento de los músculos, ni la velocidad de giro o el acoplamiento del movimiento necesarios para un lanzamiento de gran amplitud.

En sentido amplio: un equipo no encuentra su ritmo de juego. Un tenista no es capaz de cambiar su ritmo de juego o lo pierde completamente, etc. La capacidad rítmica se entrena en casi todas las modalidades de forma específica. Para este trabajo del ritmo resultan apropiadas, de forma general, las modalidades de danza, el ballet, etc.

Capacidad de reacción

(cf. también pág. 374)

Por capacidad de reacción entienden Meinel/Schnabel (1987, 251) la capacidad para iniciar y ejecutar intencionalmente acciones motoras a corto plazo ante una señal. Se trata aquí de reaccionar en el momento idóneo y con una velocidad apropiada para la tarea, siendo normalmente el grado óptimo la velocidad de reacción máxima.

En su forma sencilla, la capacidad de reacción desempeña un papel dominante en las carreras de esprint en atletismo (v. pág. 378), y en su forma compleja (v. pág. 428) sobre todo en los juegos deportivos grandes y menores (cf. también Weineck, 1992, 390 s.).

Renunciamos aquí al análisis de esta capacidad parcial de la coordinación, pues ya se ha tratado con detalle en el capítulo dedicado a la velocidad.

Capacidad de adaptación a las variaciones

Por capacidad de adaptación a las variaciones entienden Meinel/Schnabel (1987, 254) la capacidad para adaptar el programa de acción a las nuevas circunstancias durante el transcurso de la acción, basándose en cambios de la situación percibidos o anticipados, o bien de continuar la acción de forma completamente distinta.

La capacidad de adaptación a las variaciones tiene una gran importancia sobre todo en las modalidades de juego, y la práctica de éstas supone un excelente entrenamiento. La adaptación constante al contrario, la cooperación con los compañeros teniendo en cuenta el recorrido del balón exige una adaptación constante y una reubicación en el cuadro situacional existente en cada momento.

La capacidad de reubicación está estrechamente vinculada con las capacidades de anticipación y reacción, y fuertemente influida por ellas.

Importante. Las capacidades de reacción y de adaptación a las variaciones se trabajan de forma insuficiente en algunas modalidades. Así, el gimnasta no tiene que prepararse para la intervención de ningún contrario, circunstancia que no favorece el desarrollo de estas capacidades coordinativas (cf. fig. 392). Por ello es importante que el entrenamiento de esta modalidad, y el de otras comparables, incluya juegos deportivos como medida complementaria (en el calentamiento o en la conclusión).

Del abanico de capacidades coordinativas diferentes podemos extraer *tres capacidades generales básicas* (cf. Schnabel, 1974, 627 s.):

- la capacidad de regulación motora,
- la capacidad de adaptación y adaptación a las variaciones motoras,
- la capacidad de aprendizaje motor.

Las tres capacidades básicas se encuentran en estrecha interacción (fig. 377). Sin embargo, la más relevante de ellas es la *capacidad de aprendizaje motor*; sin la capacidad para aprender movimientos (v. pág. 508), para almacenar lo aprendido y para recuperarlo en función de la situación carece de sentido toda capacidad de regulación motora, de adaptación o de reubicación. En primer lugar hay que saber lo que se tiene que hacer, y sólo después se plantean las cuestiones de la ejecución y la organización situacional.

La *capacidad de aprendizaje motor* se basa sobre todo en los mecanismos de la recepción, el procesamiento y el almacenamiento de la información. De acuerdo con esto, el papel protagonista corresponde a los procesos *perceptivos* (analizadores), *cognitivos* (evaluadores/clasificadores) y *mnémicos* (procesos dependientes de la memoria, basados en rendimientos de síntesis neurofisiológica, cf. Hotz/Weineck, 1983, 32).

La *capacidad de regulación motora* se basa sobre todo en los componentes coordinativos de la capacidad de diferenciación cinestésica, de la capacidad de orientación espacial y de la capacidad de equilibrio.

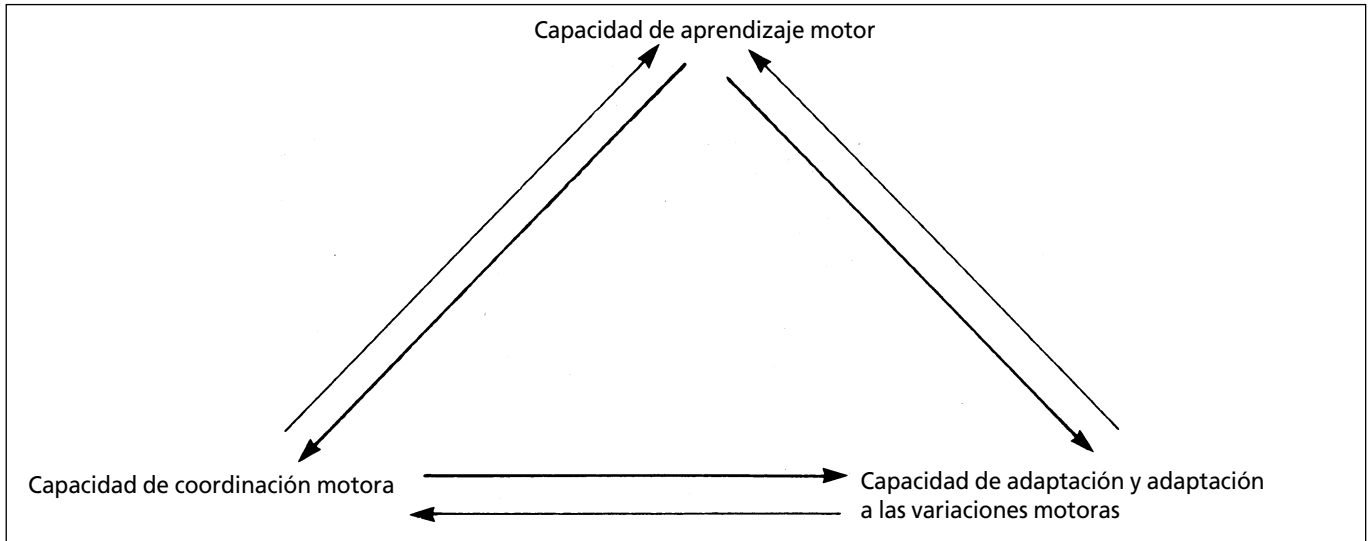


Figura 377. Interacciones de las tres capacidades coordinativas básicas y posición jerárquicamente superior de la capacidad de aprendizaje motor en el espectro global de las capacidades coordinativas.

La *capacidad de adaptación y reubicación motoras* presenta una marcada dependencia no sólo de la capacidad de aprendizaje motor, sino también de la capacidad de regulación motora; una adaptación óptima a los cambios de situación sólo resulta posible cuando, por una parte, se dispone de una experiencia motora suficiente, esto es, una base comparativa suficiente sobre los procesos de aprendizaje previos, y cuando, por otra, el proceso de adaptación se conduce con una precisión suficiente para llegar a una solución motora satisfactoria (reacción ante las exigencias del entorno). La *capacidad de adaptación y reubicación motoras* depende además en gran medida de la capacidad de

reacción, de la capacidad de equilibrio, de la capacidad de orientación espacial y de la capacidad de diferenciación cinestésica.

Hirtz (1981, 349) relaciona las tres capacidades básicas con cinco capacidades coordinativas fundamentales –que ya han sido mencionadas en su mayor parte– e intenta clasificarlas según un criterio jerárquico (fig. 378):

- capacidad de orientación espacial,
- capacidad de reacción,
- capacidad de ritmo,
- capacidad de equilibrio.

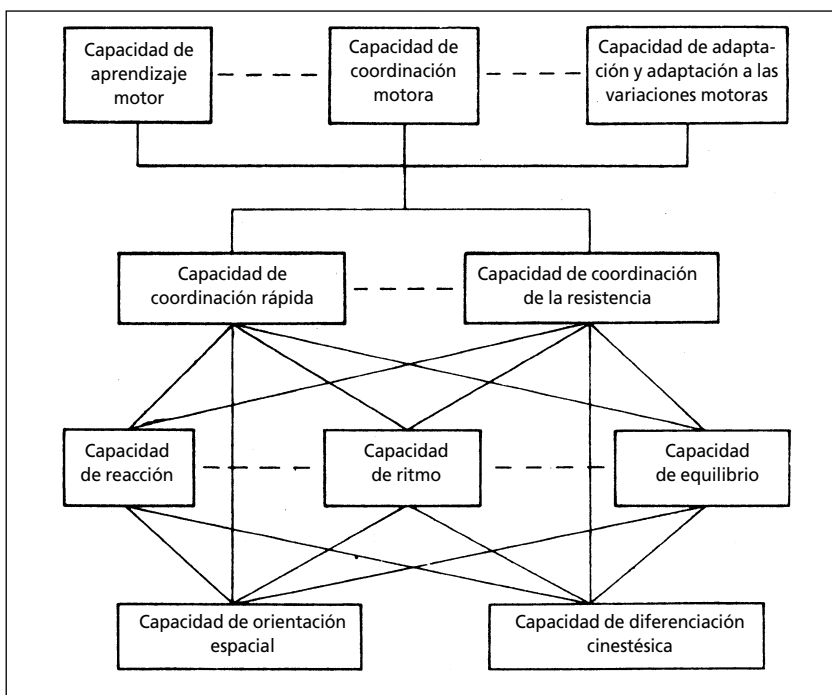


Figura 378. Intento de una clasificación jerárquica de las capacidades coordinativas (de Hirtz, 1981, 349).

Importancia de los factores de rendimiento físicos para las capacidades coordinativas

Las capacidades coordinativas no son imaginables sin los factores físicos del rendimiento: fuerza, velocidad, resistencia y movilidad, y su engranaje complejo en la realización del movimiento. Por ello, en el rendimiento deportivo sólo resultan eficaces en interacción con estas capacidades físicas (cf. Hirtz, 1976, 383). Inversamente, las capacidades coordinativas son indispensables para el asentamiento y el desarrollo de las capacidades físicas, pues permiten adquirir las destrezas deportivas necesarias en el proceso de la formación y el desarrollo corporales (ampliación de los contenidos de entrenamiento) (cf. Gropler/Thiess, 1973, 513).

Los factores de rendimiento físicos o formas principales de trabajo motor influyen en diferente medida sobre el nivel de las capacidades coordinativas.

Se necesita un grado mínimo de fuerza para permitir un movimiento ágil. Se necesita un alto grado de *velocidad de movimiento* si se quiere disponer de capacidad –inherente a la agilidad– de resolución motora rápida de la situación.

Asimismo, las capacidades coordinativas deben fundamentarse en un cierto grado de *movilidad*, para disponer, en la organización espacial de un movimiento (p. ej., un movimiento de esquivar), de un mayor campo de operación (movimientos con mayor o menor amplitud) y para adaptarse mejor a las necesidades de cambio espacial.

Finalmente, la *resistencia* es también un componente necesario de la agilidad, pues una fatiga psicofísica precoz influye, a través de los mecanismos reguladores del sistema nervioso central, negativamente sobre la exactitud de los movimientos; pensemos en la mayor frecuencia de lesiones, en juegos deportivos, hacia el final del período de juego, momento en el que la fatiga creciente y el consiguiente descenso de la agilidad son causa frecuente de lesiones innecesarias.

Fundamentos anatómo-fisiológicos de los procesos de regulación y conducción en el transcurso de las acciones deportivas

Para comprender mejor la estructura global compleja de la acción motora, hemos de mencionar primero varias funciones parciales importantes de la coordinación motora que sirven de fundamento a las capacidades coordinativas (cf. Schnabel, 1973, 265; fig. 379):

- Recepción y procesamiento de la información a través de los órganos de los sentidos (hasta la síntesis de aferen-

cias); la calidad de este proceso depende de las *capacidades analizadoras* del deportista.

- Anticipación y programación del acto motor valorando las experiencias motoras almacenadas y utilizando programas o elementos de programas ya disponibles; la velocidad y la calidad de este proceso depende del *repertorio motor* del deportista.
- Inervación de la musculatura necesaria a través de las fibras motoras eferentes (realización del movimiento).
- Retroinformación constante durante la secuencia motora, comparando simultáneamente los valores ideal y real con el objetivo motor anticipado.
- Eventuales impulsos de corrección del sistema nervioso central (SNC) hacia la musculatura, dirigiendo el movimiento.

La figura 379 muestra que, dependiendo del perfil de las exigencias, se puede poner en práctica diferentes tipos de respuesta motora. Con respuestas motoras ultrarrápidas, reguladas por la vía refleja, la reacción se produce sin el trabajo de los sistemas de elaboración informativa propiamente dichos. Con respuestas motoras ya consolidadas en el espectro de experiencias del deportista –los llamados *estereotipos motores* o *movimientos automatizados*–, se salta el mecanismo de programación, pues se dispone ya de la respuesta motora adecuada a la situación (*respuesta inmediata*). En situaciones de acción desconocidas hasta el momento, o durante el proceso de aprendizaje (v. pág. 506), se recorren todos los mecanismos del sistema de la regulación motora (cf. Schewe, 1982, 22). El deportista elabora, sobre la base de sus experiencias motoras previas, un programa de acción que le parece óptimo para resolver la situación: la *respuesta de aprendizaje*. Mediante las reafirmaciones complejas se examina la validez de esta *respuesta de aprendizaje* concebida en un primer momento, y en caso de necesitarse, se corrige de forma consecuyente.

Importancia de las capacidades analizadoras

Como hemos visto al tratar las funciones parciales de la coordinación motora, el desarrollo y el grado de asentamiento cualitativo de las capacidades coordinativas en relación con la recepción y el procesamiento de la información dependen en un grado considerable de la capacidad de rendimiento de los diferentes *analizadores*.

Los analizadores son sistemas parciales de la percepción sensorial que, basándose en señales de una determinada calidad, captan, decodifican, transmiten y elaboran informaciones. En la categoría de los analizadores incluimos receptores específicos, vías nerviosas aferentes y centros sensoriales en áreas encefálicas determinadas.

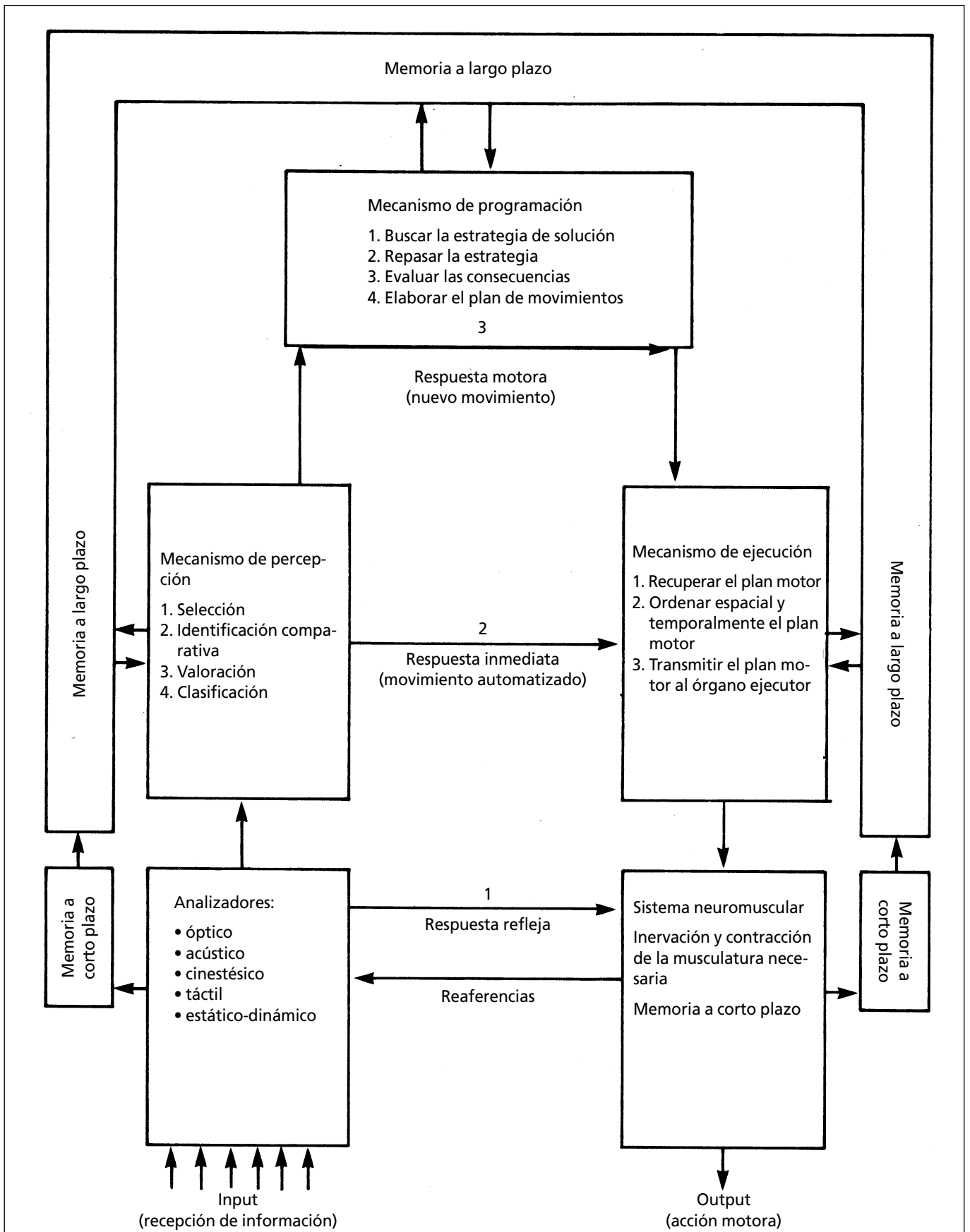


Figura 379. Modelo de la regulación motora. Al efectuar un movimiento se puede activar, dependiendo del perfil de las exigencias, diferentes tipos de respuesta motora.

Cuanta más facilidad posee un deportista para registrar de forma analítica su propio movimiento y la situación del entorno, mejor se adapta al cambio de circunstancias y mejor resuelve los problemas motores en el marco de sus capacidades individuales (cf. Zaciorski, 1972, 106).

Para la coordinación motora interesan básicamente cinco analizadores. Éstos influyen de forma diferenciada sobre el proceso de la regulación y la conducción de las acciones motoras, actuando normalmente en estrecha colaboración mutua y complementándose entre sí (cf. Schnabel, 1977, 25 s.).

- *Analizador cinestésico*

Los receptores del analizador cinestésico se encuentran en todos los músculos, tendones, ligamentos y articulaciones. Informan sobre la posición de las extremidades y del tronco y sobre las fuerzas que actúan sobre éstos. Además, el ajuste fino de los parámetros espaciales y temporales, necesario en muchas secuencias motoras deportivas, se fundamenta en una información cinestésica detallada.

- *Analizador táctil*

Los receptores del analizador táctil están localizados en la piel y transmiten datos sobre la forma y la superficie de los objetos que tocamos.

- *Analizador estático-dinámico*

El analizador estático-dinámico está localizado en el aparato vestibular del oído interno e informa sobre los cambios de dirección y de velocidad de la cabeza.

- *Analizador óptico*

Los receptores del analizador óptico se denominan receptores de distancia o telerreceptores, informan sobre los movimientos propios o ajenos (visión central o periférica) y son en cierta manera la conducción óptica de la ejecución del movimiento.

- *Analizador acústico*

El analizador acústico desempeña por lo general un papel subordinado, pues el contenido informativo de las señales acústicas percibidas de forma inmediata en el acto del movimiento es relativamente limitado.

Como resumen podemos decir que las capacidades analizadoras determinan decisivamente, junto con otros factores, la calidad de las capacidades coordinativas. La importancia de cada uno de los analizadores puede diferir extraordinariamente de una modalidad a otra (cf. también Hotz/Weineck, 1983, 62).

Importancia del repertorio de movimientos

Otro factor para el desarrollo y la calidad de las capacidades coordinativas es el *repertorio de movimientos* o la *experiencia motora* del deportista.

En efecto, todo movimiento, por nuevo que sea, se ejecuta siempre sobre la base de enlaces coordinativos antiguos (v. Zaciorski, 1972, 106; Harre, 1976, 180). Así pues, cuantas más combinaciones motoras de origen reflejo (reflejos aprendidos y esquemas de respuesta) posea el repertorio de movimientos, mayor será la descarga del SNC y en mayor medida se realizará el movimiento a través de modelos de secuencia más o menos automatizados.

Este mecanismo se puede comparar con un sistema de unidades modulares: cuantos más “elementos prefabricados”, que se corresponderían con las combinaciones de origen reflejo, estén a nuestra disposición, menos atención necesita cada uno de los elementos constitutivos y más se puede prestar al conjunto de la estructura, que se correspondería con la acción motora.

Finalmente, al componer los elementos para una acción motora, la experiencia motora habilita al deportista para elegir los componentes motores necesarios en el menor tiempo y de la forma más eficaz.

Métodos y contenidos del entrenamiento de las capacidades coordinativas

En el primer plano del entrenamiento de las capacidades coordinativas se encuentra el aprendizaje y el dominio de destrezas motoras nuevas y multilaterales, y de los componentes de éstas. Al elegir los contenidos y herramientas de entrenamiento, hemos de tener en cuenta que los síntomas de adaptación sólo se producen cuando se aplican estímulos nuevos de forma constante, esto es, cuando el ejercicio se practica de forma variada, teniendo en cuenta las diferentes medidas de tipo metodológico (tabla 63).

Para conseguir este objetivo utilizamos diferentes métodos de entrenamiento. En paralelo a la subdivisión planteada al inicio de este capítulo entre capacidades coordinativas generales y específicas, distinguimos entre métodos y contenidos de entrenamiento *generales* y *específicos*.

Los métodos y contenidos de entrenamiento *generales* se utilizan para mejorar el grado de asentamiento general de las capacidades coordinativas. Del grado en que se dominan depende, según Blume (1978, 141), entre otros factores, el grado de su posible contribución a la mejora de la habilidad. Por ello, los métodos y los contenidos tienen que corresponder al nivel del deportista.

Medidas metodológicas	Ejemplos de ejercicios
Variación de la ejecución motora	<ul style="list-style-type: none"> • Saltos elevando las rodillas al pecho, saltos abriendo las piernas • Realización del ejercicio cambiando el lado del cuerpo • Ejercicios con cambio de velocidad y de ritmo
Cambio de las condiciones exteriores	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicios en terreno diferente, con aparatos o compañeros • Reducción o aumento de la superficie de apoyo
Combinación de destrezas motoras	<ul style="list-style-type: none"> • Combinación de diferentes elementos gimnásticos • Combinación de juegos
Ejercicio con presión de tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicios para trabajar la reacción • Carreras de obstáculos con tiempo
Variación de la recepción informativa	<ul style="list-style-type: none"> • Equilibrio con la mirada hacia arriba, la cabeza inclinada o los ojos vendados • Ejercicios delante del espejo • Movimientos de precisión con información adicional objetiva
Ejercicios después de precarga	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de movimientos complicados al final de una sesión de entrenamiento • Ejercicios de equilibrio después de varios giros o vueltas por el suelo rápidos

Tabla 63. Medidas metodológicas y ejemplos de ejercicios para el desarrollo de las capacidades coordinativas (de Harre, 1979, 191)

Los métodos y contenidos de entrenamiento *específicos* –que mantienen una estrecha vinculación con el ejercicio de competición– sirven para mejorar los componentes de las capacidades coordinativas propias de la modalidad, y por tanto, también las capacidades analizadoras específicas de la modalidad en cuestión. Los métodos de entrenamiento específicos exigen un nivel de formación elevado; los contenidos específicos tienen que utilizar dichos métodos de forma eficaz, dominándolos como mínimo en su forma fina.

Métodos para el entrenamiento de las capacidades coordinativas

Dado que la transición entre los métodos generales y los específicos suele ser fluida, y que se diferencian más o menos dependiendo de la modalidad, renunciaremos a

una diferenciación estricta a la hora de distinguir los métodos generales de los específicos.

Métodos y medidas para crear una representación del movimiento

(cf. Hirtz/Ludwig, 1976, 509)

Dada la gran importancia de la representación del movimiento para el aprendizaje de destrezas motoras nuevas, los métodos para crear una representación motora se ubican al principio del trabajo del movimiento. Dependiendo de la edad, la capacidad intelectual y el nivel de las capacidades coordinativas ya adquiridas, podemos señalar sobre todo dos métodos de transmisión apropiados (para más detalles sobre el proceso de aprendizaje, ver entrenamiento de la técnica, pág. 504).

- Método de la información *óptica*

Este método es particularmente apropiado para el principiante en deporte, pues en él la representación de la secuencia motora se reduce básicamente a una imagen óptica; en contraposición con la representación del deportista avanzado, la suya incluye componentes cinestésicos sólo en escasa medida, pese a ser fundamentales para la representación motora (v. Meinel, 1976, 242; Hotz/Weineck, 1983, 64).

- Método de la información *verbal*

Puede utilizarse precediendo o siguiendo al método óptico, o bien en paralelo a éste. En cualquier caso, sirve para precisar y clarificar el movimiento.

Método de la variación y combinación de ejercicios para elevar las exigencias coordinativas

(cf. Hirtz/Ludwig, 1976, 509; Harre, 1976, 181; Blume, 1978, 142 s.).

- Variación de la posición de partida
Ejemplo: salida desde el decúbito prono o supino. Lanzamiento de disco con giro completo, con giro y medio o con giro y tres cuartos.
- Variación de la realización motora
Ejemplo: realización de un ejercicio con el otro lado del cuerpo.
- Variación de la dinámica del movimiento
Ejemplo: realización más rápida o más lenta del movimiento mediante condiciones facilitadas o dificultadas (lanzamiento de jabalinas o discos de peso diferente).
- Variación de la estructura espacial del movimiento
Ejemplo: si se reduce el terreno de juego todos los movimientos tienen que efectuarse en menos espacio y con mayor precisión.
- Variación de las condiciones externas
Ejemplo: juegos en condiciones inhabituales del suelo, viento o lluvia fuerte, sol cegador.
- Variación de la recepción de información. Dada la importancia de la recepción y el procesamiento de informaciones ópticas, acústicas, estático-dinámicas, táctiles y cinestésicas para la regulación del movimiento, las restricciones en el flujo informativo pueden influir sobre dicha regulación.
Ejemplo: el jugador da la espalda al jugador de quien recibe el balón; recepción del balón después de un grito.
- Combinación de destrezas motoras
Requisito: cada una de las destrezas motoras tiene que estar dominada hasta su forma fina, pues de no ser así su combinación no funciona. Ejemplo: voltereta hacia atrás desde el molino hacia delante, o similares.

- Ejercicio bajo presión de tiempo

Ejemplo: recepción y control del balón con la obstaculización de un contrario.

Contenidos del entrenamiento de las capacidades coordinativas

En el primer plano del entrenamiento de las capacidades coordinativas se encuentran las destrezas motoras. Son el *objetivo* y a la vez el *contenido* del entrenamiento (cf. pág. 22).

Contenidos de entrenamiento generales

Juegos menores y juegos deportivos

Los diferentes juegos son especialmente apropiados para el trabajo general de las capacidades coordinativas, pues en ellos encontramos cambios de situación rápidos, constantes y casi nunca perceptibles por entero y de forma inmediata con la vista.

Los *juegos menores* son relevantes para las capacidades coordinativas, pues mantienen la complejidad del conglomerado de factores y, por otro lado, permiten hacer especial hincapié en componentes parciales o sistemas analizadores determinados, contribuyendo así a subsanar puntos débiles concretos. Además, permiten aumentar de forma dosificada las exigencias coordinativas, por lo que resultan especialmente apropiados para el entrenamiento en las edades infantil y juvenil.

Por el contrario, los *grandes juegos deportivos*, con su amplísimo abanico de acciones, trabajan todo el complejo de componentes. Además de las combinaciones siempre nuevas de diversos constituyentes parciales de las capacidades coordinativas, los juegos deportivos obligan a efectuar la síntesis de estos componentes en condiciones dificultadas (influencia del contrario, presión temporal, márgenes de decisión, etc.).

Modalidades de competición entre dos

Las modalidades de competición entre dos son también excelentes para el trabajo general de la agilidad. La confrontación inmediata con un contrario difícilmente predecible exige un grado máximo de capacidades coordinativas y una capacidad de rendimiento físico. En el ámbito de las capacidades analizadoras se mejoran sobre todo los analizadores cinestésico, táctil y óptico.

Gimnasia, saltos de trampolín, palanca

Estas modalidades permiten una mejora notable y un incremento progresivo del grado de dificultad de los ejer-

cicios y de las combinaciones de ejercicios. Con ellas se trabaja sobre todo el analizador estático-dinámico (debido a los giros alrededor de los tres ejes del cuerpo: sagito-transversal, frontotransversal y frontosagital).

Contenidos de entrenamiento específicos

Los contenidos para el trabajo de las capacidades coordinativas específicas provienen de la propia disciplina de competición. Dado que se trata aquí de procesos de regulación de alta precisión, conviene elegir ejercicios específicos, que no supongan una modificación relevante de la secuencia motora normal o un gran influjo sobre ella, y que no necesiten grandes correcciones para su adaptación. Interesa que estos ejercicios específicos incluyan preferentemente combinaciones de componentes y que trabajen capacidades analizadoras relevantes para el desarrollo del rendimiento de habilidades específicas de la disciplina. Para conseguirlo utilizamos los métodos ya mencionados del aumento de las exigencias coordinativas (v. pág. 490).

Ejercicios de test y de control

Debido a la complejidad de las capacidades coordinativas, la práctica deportiva se enfrenta a problemas conside-

rables, en parte sin resolver, para registrar de forma objetiva el estado de rendimiento en este ámbito. Intentamos afrontar este problema utilizando tests de habilidades y ejercicios de control generales y específicos de la modalidad.

Como ejemplo de un test de habilidad *general* podemos mencionar las diferentes carreras de obstáculos. En este sentido distinguimos sobre todo dos variantes:

1. Los diferentes aparatos dentro de una distancia de obstáculos tienen que dominarse en el tiempo mínimo posible y de acuerdo con unas vías de solución estrictamente marcadas, después de una explicación, una demostración práctica y un intento previo. Como ejemplos podemos mencionar la *carrera-boomerang de cajones de plinto* (fig. 380) y el *recorrido de coordinación vienés* (fig. 381).
2. Se tiene que recorrer libremente una distancia de obstáculos desconocida, esto es, las vías de solución motora son libres (no se puede pasar de largo por los obstáculos). Medición del rendimiento: tiempo empleado (cf. Herzberg, 1968, 1067 s.).

Los tests *específicos* permiten objetivar componentes aislados o el conjunto de los componentes de la habilidad. En parte se intenta también registrar selectivamente la ca-

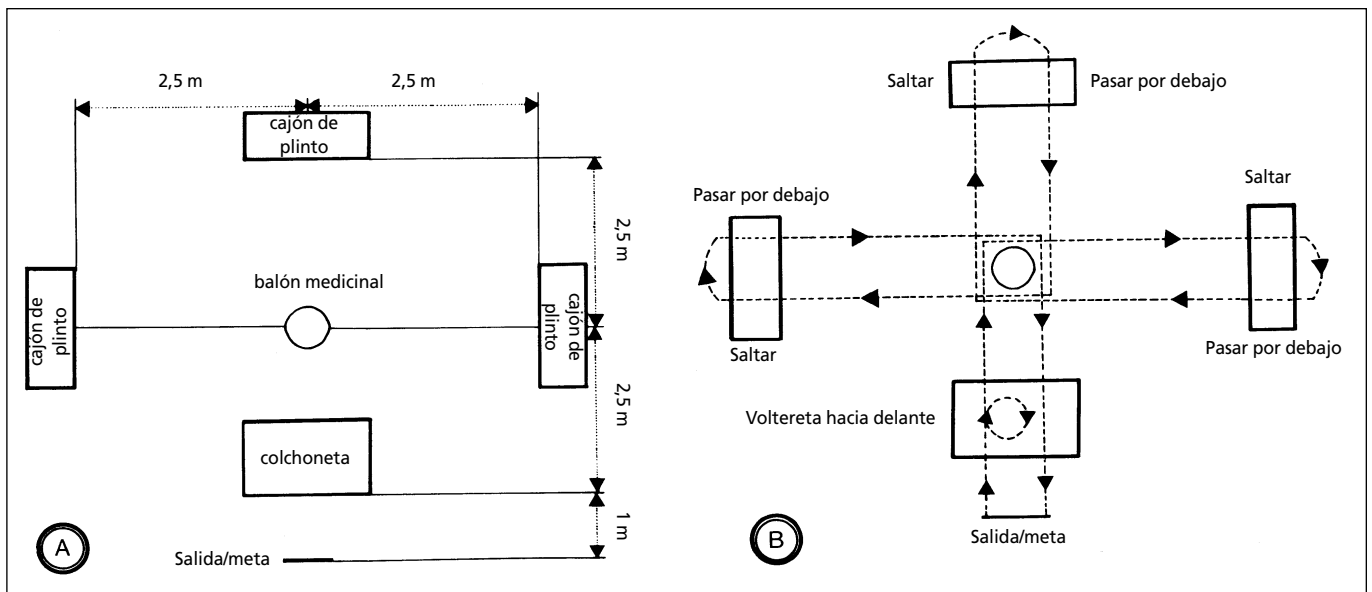


Figura 380. Carrera de habilidad como carrera-boomerang de cajones de plinto. A. Disposición de los aparatos. B. Organización de la carrera. Descripción: inicio de pie, voltereta hacia delante sobre la colchoneta, recorrer 1/4 de círculo en torno al balón medicinal, cajón de plinto 1, correr rodeando el balón, cajón de plinto 2, correr rodeando el balón, cajón de plinto 3, correr rodeando el balón, línea de meta. El corredor deja el balón medicinal a su derecha y no lo puede tocar. La última sección de la carrera, desde el balón medicinal hasta la línea de meta, se efectúa libremente (sin voltereta). El cajón de plinto se salta libremente hacia fuera, en la dirección de la carrera, y a continuación se pasa por debajo en sentido contrario. Los deportistas más jóvenes (de menor estatura), incapaces de saltar el cajón, pueden pasarlo trepando. En este caso otros compañeros sujetan el aparato para que se mantenga estable. Reglas de evaluación: los sujetos del examen tienen una carrera de prueba y otra de evaluación. Si al tocar el balón medicinal éste se desplaza, el intento no es válido y habrá de repetirse. Registro del rendimiento: se registra (en segundos y décimas de segundo) el tiempo transcurrido desde la orden de inicio hasta que se supera la línea de meta.

pacidad de rendimiento de los diferentes analizadores, importante para el desarrollo de las capacidades coordinativas. Así, por ejemplo, se puede calcular la estabilidad del aparato vestibular en corredores de patinaje sobre hielo, gimnastas, saltadores de trampolín, etc. (mediante carga especial de rotación sobre una silla giratoria y registro simultáneo del EEG [ondas cerebrales]; Ivanova/Lomov, 1979, 70).

De esta manera se obtiene un inventario o, en determinadas circunstancias, un test de aptitud, y también un control del proceso de entrenamiento.

Carrera-boomerang de cajones de plinto como test de habilidad (de Harre, 1976, 182). La ventaja de este test radica en la sencillez de su organización y la facilidad con que incluso los niños de poca edad (edad escolar temprana) realizan la serie de tareas. La desventaja radica en la carencia de una tabla de evaluación que proporcione una comparación objetiva en el transcurso de los años.

Recorrido de coordinación vienés (Warwitz, 1976, 50 s.). Otro test apropiado para el tramo de edad entre los 11 y los 18 años es el llamado "recorrido de coordinación vienés". Su ventaja consiste sobre todo en la existencia de tablas de normalidad, que permiten una valoración inmediata y detallada de la capacidad de rendimiento coordinativo.

En este test –al igual que en la *carrera-boomerang de cajones de plinto*– se examinan diferentes componentes de las

capacidades coordinativas, de forma en parte directa por las tareas planteadas, y en parte indirecta por las tareas planteadas y por la sucesión de dichas tareas (cf. fig. 381); los giros en direcciones cambiantes en torno al eje transversal del cuerpo (volteretas) y al eje longitudinal (giro) exigen el control de la situación espacial y de la capacidad de orientación. La siguiente tarea de precisión (equilibrio) examina el dominio de un equilibrio alterado, y al mismo tiempo la capacidad de anticipación, de cálculo del espacio y la inteligencia práctica en la división del movimiento. La carrera en forma de ocho alrededor de unos postes y una cuerda, el arrastre en *slalom* de un balón, la combinación de saltos cruzados, los saltos alrededor de un cuadrado y la superación de un obstáculo en forma de barra exigen movilidad, capacidad de maniobra, flexibilidad y destreza, y nos informan sobre el grado en que las circunstancias del propio cuerpo se adaptan al espacio y a los objetos del entorno.

Entrenamiento de las capacidades coordinativas en el proceso de entrenamiento a largo plazo

Para el proceso de entrenamiento a largo plazo asumimos como principio que:

El entrenamiento de la coordinación precede al de la condición física.

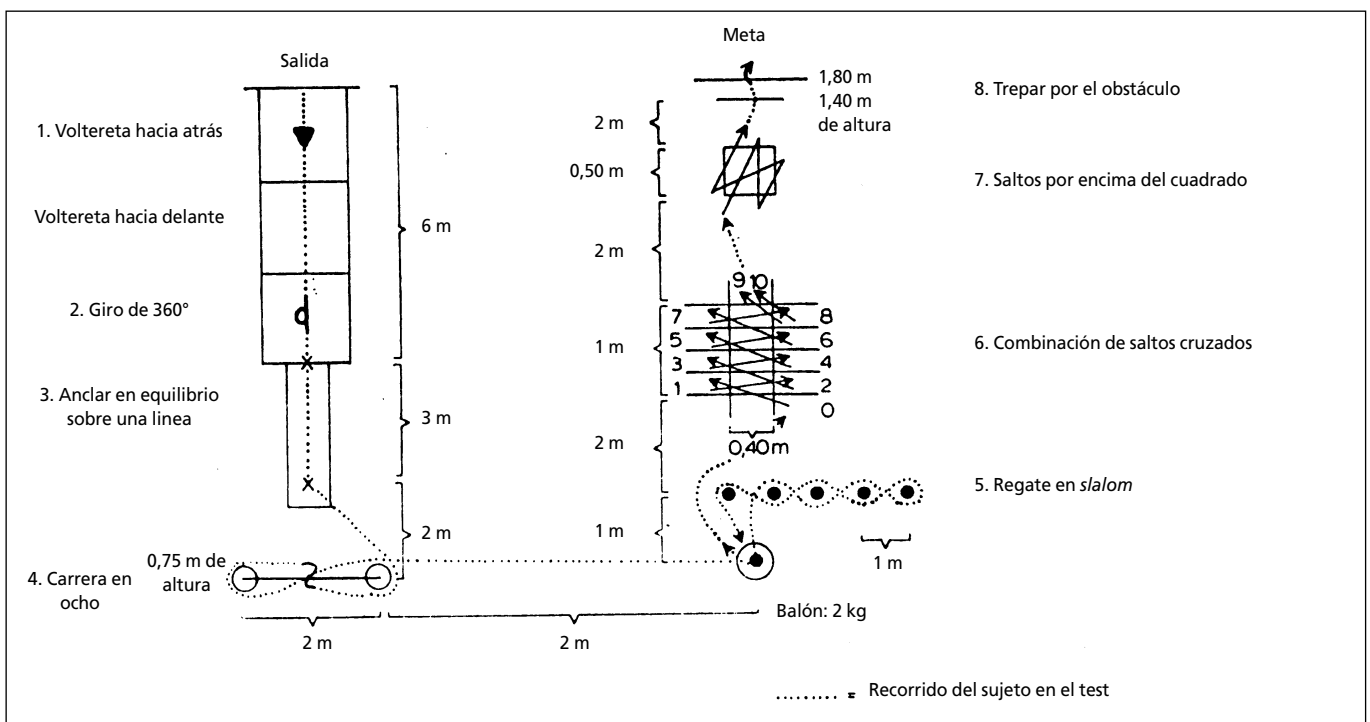


Figura 381. "Recorrido de coordinación vienés" de Warwitz (1976, 51).

La edad infantil es, como, ya hemos mencionado, la mejor edad para el aprendizaje. Esta circunstancia se debería aprovechar de forma consecuente, según el proverbio (alemán, parafraseado) de que “lo que no aprende Juanito, lo aprende Juan con dificultades o con un trabajo mucho mayor”.

A lo largo de los años, el aprendizaje coordinativo desempeña un papel protagonista durante toda la edad infantil. Las características de condición física se desarrollan en el marco del proceso de aprendizaje motor o “en la periferia de dicho marco”.

Principios metodológicos básicos para el entrenamiento de las capacidades coordinativas

- Frente a las demás formas principales de trabajo motor, que se pueden desarrollar con métodos de entrenamiento más o menos unilaterales, la mejora de las capacidades coordinativas se produce sobre todo mediante procedimientos *complejos*.
- Un desarrollo en alto grado de la habilidad sólo se consigue variando y combinando constantemente los métodos y contenidos de ejercicio.
- Mediante la adquisición y la aplicación de destrezas deportivas se perfeccionan al mismo tiempo las funciones psicofísicas (p. ej., analizadores) y coordinativas para la adquisición de nuevas destrezas deportivas, esto es, las premisas para nuevos aprendizajes motores (Hirtz, 1976, 384).
- Las capacidades coordinativas se deben entrenar a su debido tiempo, pues los procesos de recepción y elaboración de la información empeoran debido a la involución fisiológica de la edad, descendiendo la eficacia del entrenamiento.
- El entrenamiento de la habilidad no se debería efectuar en estado de fatiga, pues el trabajo de los procesos de regulación no resulta óptimo en este momento.

Entrenamiento de las capacidades coordinativas en las edades infantil y juvenil

Entrenamiento de las capacidades coordinativas en la edad preescolar

En el transcurso del desarrollo individual, las capacidades coordinativa y de condición física no coinciden en cuanto a sus momentos de entrenabilidad óptimos (cf. Is-

rael, 1977, 989). Desde el punto de vista biológico, el terreno está preparado para el desarrollo de la coordinación motora mucho antes de estarlo para el perfeccionamiento de los factores de rendimiento de la condición física. De acuerdo con estudios recientes, la regulación neuromuscular o sensomotora y la conducción de movimientos pertenecen al ámbito de las funciones elementales, cuya adquisición y desarrollo básicos se producen en un momento muy temprano de la vida. Por ello las carencias en las capacidades coordinativas se explican, según Winter (1976, 72), no sólo por circunstancias hereditarias, sino también por un fomento insuficiente en los primeros años de vida; las asombrosas diferencias entre niños entrenados y no entrenados dan a entender que en la edad preescolar el potencial de desarrollo de las capacidades coordinativas está muy lejos de haberse agotado (v. Meinel, 1976, 329). Por ello se señala a menudo, lógicamente, la necesidad de desarrollarlas en el momento más temprano posible; es opinión extendida que no existe un momento demasiado temprano (Lewin, 1965, 18 s.; Winter, 1976, 71; Meinel, 1976, 329 s.; Israel, 1977, 989, entre otros), sino únicamente métodos deficientes, esto es, aún no adaptados suficientemente al estadio del desarrollo infantil (Winter, 1976, 72).

Así pues, los niños de edad preescolar deberían adquirir un abanico de destrezas motoras más o menos sencillas, para disponer de una base de partida suficientemente desarrollada en las fases de aprendizaje óptimas y mejorar así la eficacia de la enseñanza.

No obstante, hemos de hacer hincapié desde un primer momento en que las destrezas motoras se aprendan de la forma correcta, pues la posterior sustitución de un estereotipo motor aprendido de forma errónea –pulido de movimientos (cf. pág. 572)– requiere, en el llamado *reaprendizaje*, un gasto de energía y unas capacidades neuronales incomparablemente mayores que la adquisición de una destreza motora aprendida con exactitud desde un primer momento (cf. Demeter, 1981, 64; Hotz/Weineck, 1983, 44).

Para la ampliación selectiva del *repertorio de movimientos* interesa que la tarea planteada sea *multilateral* y *rica en variaciones*, y que la frecuencia de ejercicio sea suficiente.

Entrenamiento de las capacidades coordinativas en la edad escolar temprana

La elevada plasticidad de la corteza cerebral permite en esta edad un desarrollo pronunciado de las capacidades coordinativas. No obstante, dado que la *inhibición de la diferenciación* –producida por un predominio de los procesos de excitación frente a los de inhibición– no está suficientemente consolidada, el *analizador cinestésico* (“sentido muscular”) está aún poco desarrollado, por lo

que la exactitud de los movimientos pierde calidad en cuanto a sus rasgos estructurales espacio-temporales.

El predominio de los procesos de excitación va asociado además a una marcada *irradiación* de las excitaciones; de esta manera los rastros de la actividad neuronal aún no fijados se borran con facilidad, y la corteza cerebral –como lugar del almacenamiento de la memoria– es incapaz de retener las conexiones funcionales –bucles motores– de los centros encefálicos estimulados de manera conjunta o sucesiva. Por ello, en esta edad una buena capacidad de aprendizaje no va asociada a una capacidad paralela de retención de los movimientos aprendidos (cf. Demeter, 1981, 78).

Una capacidad de diferenciación escasamente desarrollada y la carencia de “capacidad de atención motora” exigen que en esta edad se *profundice en el aprendizaje* para que el proceso de enseñanza tenga éxito (cf. Hotz/Weinck, 1983, 47); el objetivo de dicha profundización es, más allá del aprendizaje del movimiento deseado, una precisión suficiente y una estabilidad del movimiento.

Dado que las capacidades coordinativas se desarrollan de forma individual y en momentos diferentes (figs. 382 y 383 y tabla 64), el conocimiento de las fases de su desarrollo intensivo reviste una gran importancia para influir sobre ellas de forma sistemática y eficaz (Hirtz, 1976, 288). Podemos indicar, de acuerdo con Hirtz (1976, 385) y Stemmler (1977, 278), que la edad escolar temprana (7-10 años) es el momento de desarrollo intensivo idóneo pa-

ra perfeccionar la capacidad de reacción deportiva, la capacidad de frecuencia elevada de movimientos, la capacidad de diferenciación espacial, la coordinación bajo presión de tiempo (en chicos y chicas), la capacidad de equilibrio y la destreza (chicas). Por ello, la tarea de un entrenamiento selectivo (escuela, club deportivo) en esta edad consistirá en dar prioridad al trabajo de estas capacidades específicas.

Sin embargo, no hemos de olvidar que esta edad, favorable para el aprendizaje motor, es apropiada sobre todo para el *aprendizaje de destrezas motoras sencillas*, pero no para destrezas en las que se coordinan varias secuencias simultáneas dentro de un trabajo selectivo, rápido y periférico (Ungerer, 1970, 39).

Entrenamiento de las capacidades coordinativas en la edad escolar tardía

La maduración definitiva de la corteza cerebral motora, que tiene lugar en la edad escolar tardía, permite una buena interacción de la motricidad involuntaria, asociada al tronco encefálico, y voluntaria, cortical (cf. Kiphard, 1970). La plasticidad de la corteza cerebral, que sigue siendo elevada, así como la mejora de la capacidad de percepción (incremento de las capacidades analizadoras) y del procesamiento de la información permiten a los niños aprender destrezas motoras nuevas con una velocidad extraordinaria.

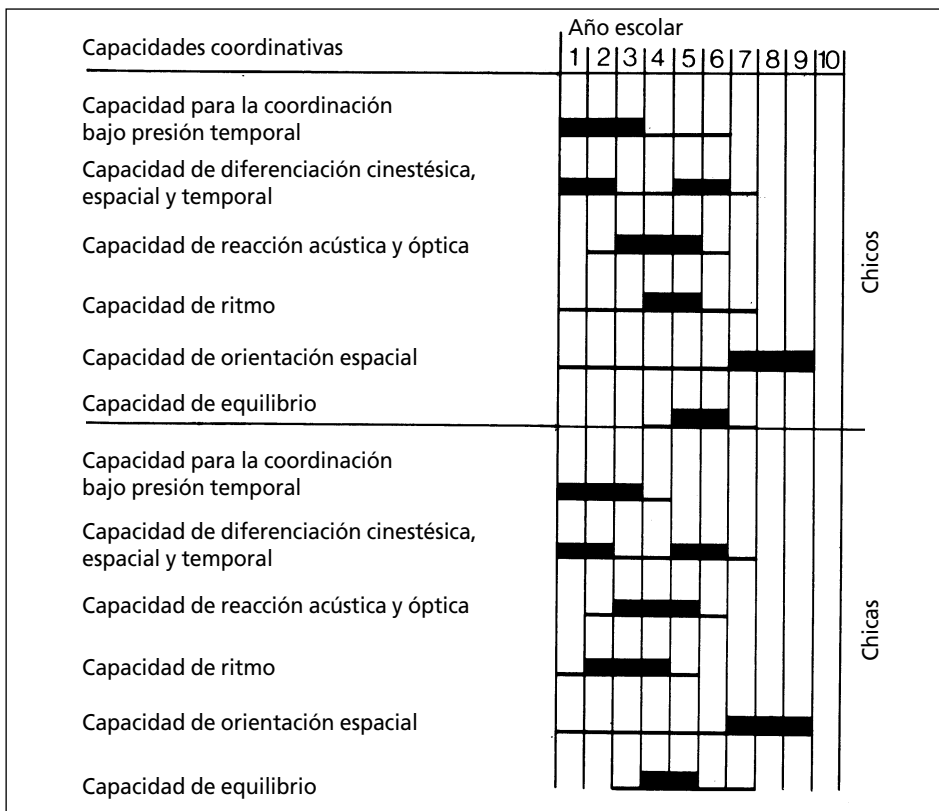


Figura 382. Perfeccionamiento detallado de las capacidades coordinativas en la clase de educación física en los primeros diez años escolares (de Hirtz, 1978, 343).

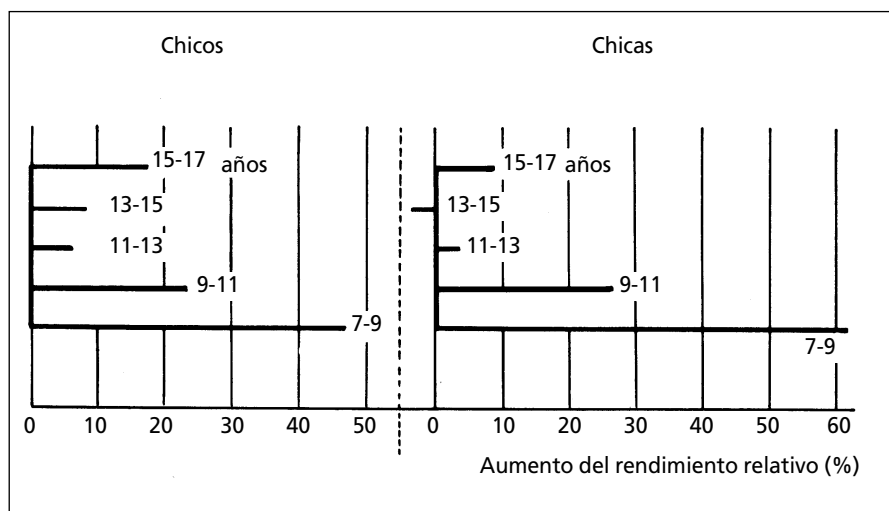


Figura 383. Porcentaje de mejora en carrera de agilidad en periodos de 2 años, dentro de un período global de crecimiento entre los 7 y los 17 años (de Stemmler, 1976, 81).

Otros factores que desempeñan un papel relevante en esta edad son las relaciones fuerza/palanca, especialmente favorables (la musculatura de la extremidad superior mantiene, frente a la de la extremidad inferior, una relación de 27:38; la relación en el adulto se sitúa en 28:54 [cf. Demeter 1981, 24]), y un peso corporal reducido.

Esta fase de la capacidad óptima de aprendizaje motor (Bringmann 1973, 846) se caracteriza por una mejora de las capacidades de regulación y combinación motoras (Meinel, 1976, 360), de diferenciación temporal, de reacción y de ritmo (Hirtz, 1977, 509); por ello, el proceso del entrenamiento debería dar prioridad al trabajo de dichas capacidades (cf. fig. 382).

Edad	Perfil del rendimiento sensoriomotor como función del desarrollo		Puntos básicos del entrenamiento adecuado a la edad
	Dominado	No dominado	
De 5 a 6 años	Movimientos cotidianos, coordinación del tronco, movimientos simultáneos lentos	Series de movimientos ajenos a la vida cotidiana, movimientos con velocidad elevada	Salto con coordinación del tronco, volteretas, juegos con balones grandes, movimientos gimnásticos con pocas series
De 7 a 8 años	Movimientos de equilibrio, movimientos selectivos sin formas claramente delimitadas	Ejecuciones motoras claramente delimitadas, intervenciones selectivas y rápidas	Gimnasia con obstáculos, entrenamiento del salto, natación estilo crol
De 9 a 10 años	Pequeñas secuencias de movimientos amplios con los miembros	Varias secuencias con trabajo selectivo de la periferia y acoplamiento rápido	Juego, entrenamiento táctico, entrenamiento del salto y del lanzamiento; salto al agua; formas básicas de gimnasia (volteretas, impulsos del cuerpo hacia arriba, saltos con apoyo)

Tabla 64. Visión general de la enseñanza sensorial motora y adecuación del entrenamiento a la etapa de la edad (de Ungerer, 1970, 771)

Chicos de 11 años	Gestos con trabajo centrado de la periferia, gestos con varias secuencias	Número de secuencias elevado con acoplamiento dinámico simultáneo de la periferia	Entrenamiento del salto, salto al agua; formas básicas de gimnasia (movimientos de inclinación próxima a la caída y de inversión)
Chicas de 11 años	Empleo de movimientos concéntricos en línea recta	Varias secuencias de movimientos con acoplamiento dinámico simultáneo de la periferia	Salto con voltereta, gimnasia en barras asimétricas, saltos con apoyo; gimnasia rítmica
Chicos entre 12 y 14 años	Rendimiento motor, concatenación dinámica simultánea en pequeña secuencia de ejercicios	Intervenciones de la periferia rápidas, reactivas	Entrenamiento atlético intensivo
Chicas entre 12 y 14 años	Motricidad de rendimiento, movimientos dinámicos de recorrido amplio	Movimientos fuera de los límites típicos del sexo	Entrenamiento motor típico del sexo en todas las modalidades y sin restricciones
Chicos entre 15 y 19 años	Percepción sensorial reactiva, diversas secuencias de movimientos a gran velocidad y acoplamiento dinámico de movimientos periféricos	Movimientos fuera de los límites individuales	Entrenamiento motor sin restricciones en todas las modalidades
Chicas entre 15 y 19 años	Motricidad de rendimiento	Movimientos fuera de los límites del sexo	Entrenamiento motor típico del sexo en todas las modalidades y sin restricciones

Tabla 64. (Continuación)

El “aprendizaje a primera vista” funciona mejor según Meinel (1976, 361), cuando se han desarrollado las capacidades motoras de los niños de modo más fino, exacto y variado, esto es, cuanto mayor es el repertorio de movimientos adquirido hasta la fecha.

Consecuencias para el entrenamiento de las capacidades coordinativas:

- Formación deportiva multilateral con ampliación selectiva del repertorio motor.
- Refuerzo del aprendizaje de técnicas deportivas básicas.
- Organización variada de las exigencias de los ejercicios.
- Profundización suficiente del aprendizaje.

Entrenamiento de las capacidades coordinativas en la pubescencia

Durante la pubescencia tiene lugar la segunda transformación morfológica, con el aumento de estatura ya mencionado de 8 a 10 cm al año. Con el cambio de proporciones (crecimiento sobre todo de las extremidades), el entrenamiento de las capacidades coordinativas debe limitarse en mayor o menor medida dependiendo de las condiciones individuales; en este proceso, según Rutenfranz (1965, 338), pierden calidad sobre todo los movimientos que necesitan un alto grado de exactitud, esto es, la regulación fina. No obstante, permanecen intactos los movimientos sencillos, ejercitados de forma regular y dominados ya con seguridad (cf. Meinel, 1976, 373). La restricción o estagnación que aparece en el proceso del entrenamiento de las capacidades coordinativas se explica también por el hecho de que los factores de rendimiento físicos tienen su tasa de crecimiento máximo en la pubescencia; una mejora abrupta de las capacidades de condición física conlleva siempre una readaptación de las capacidades coordinativas, más aún si coincide con un crecimiento en estatura también abrupto; en este sentido, podemos hablar de una pérdida transitoria del rendimiento (cf. Brandt, 1979, 114 s.).

Como consecuencia para el entrenamiento de las capacidades coordinativas deducimos que las pérdidas en la conducción del movimiento, y los síntomas de estagnación en el desarrollo motor, justifican una limitación tran-

sitoria del proceso de adquisición de formas de movimientos nuevas y complicadas; en lugar de ello se debería dar prioridad a la mejora y la consolidación de secuencias motoras y técnicas deportivas ya dominadas (v. Meinel, 1976, 378).

Entrenamiento de las capacidades coordinativas en la adolescencia

En esta fase de desarrollo se produce una estabilización general de la conducción del movimiento, una mejora de las capacidades de regulación, adaptación y reubicación motoras, y también de la capacidad de combinación (cf. Meinel, 1976, 385). En su conjunto, la adolescencia es un período de buena capacidad de rendimiento motor –más claramente entre los varones que entre las mujeres–, que permite un entrenamiento coordinativo sin restricciones en todas las modalidades.

Principios metodológicos básicos

- La consolidación diferenciada de capacidades coordinativas aisladas exige en las diferentes etapas de edad el aprovechamiento de las fases de desarrollo intensivo (cf. fig. 382): las exigencias tienen que adaptarse al perfil del desarrollo (cf. resumen de pág. 496).
- Una experiencia motora diversificada acorta los tiempos de aprendizaje y maximiza el proceso de entrenamiento para consolidar nuevas destrezas motoras; por ello hemos de hacer hincapié en el desarrollo de un repertorio de movimientos extenso.
- Con el entrenamiento de las capacidades coordinativas nunca se empieza suficientemente temprano, pues dicho entrenamiento es la base para mejorar la capacidad de aprendizaje motor en las siguientes etapas de edad.
- Las capacidades coordinativas sólo se pueden desarrollar desde el punto de vista de la complejidad, de la variabilidad y de la continuidad; hemos de insistir en que el entrenamiento sea adecuado a la edad, incluyendo sobre todo juegos menores.



Parte III

ENTRENAMIENTO DE LA TÉCNICA Y LA TÁCTICA DEPORTIVAS



17 Entrenamiento de la técnica deportiva

Definición

Por técnica deportiva entendemos el procedimiento desarrollado normalmente en la práctica para resolver una tarea motora determinada de la forma más adecuada y económica. La técnica de una disciplina deportiva se corresponde con un llamado “tipo motor ideal”, que, pese a mantener los rasgos característicos de sus movimientos, puede experimentar una modificación en función de las circunstancias individuales (Zech, 1971, 500; cf. Martin, 1977, 178; Pietka/Spitz, 1976, 23; Ter-Ovanessian, 1971, 4ª serie, 1, entre otros).

Djackov (1973, 6) define la *maestría técnica* como un dominio completo de las estructuras motoras económicas de los ejercicios deportivos, buscando el resultado máximo alcanzable en las condiciones de competición deportiva de máxima dureza.

Importancia de la técnica deportiva

En el transcurso del proceso de entrenamiento hemos de buscar la mejora continua de los factores del rendimiento físico, pero también de las capacidades técnicas, que están inseparablemente asociadas a éstos.

Si se descuida el desarrollo paralelo de la técnica y de las formas principales de trabajo motor, puede producirse una discrepancia entre las capacidades técnicas y el nivel físico; una técnica poco desarrollada impide que el deportista transforme sus potencialidades físicas crecientes en mayores rendimientos específicos de la modalidad (cf. Spitz, 1975, 446).

La técnica no posee la misma importancia en todas las modalidades. Por ello hemos de atribuir al perfeccionamiento técnico un valor diferente en función de la modalidad; en las modalidades de precisión y de expresión (p. ej., patinaje artístico, gimnasia) se exige un grado máximo de perfección técnica, pues aquí la técnica se considera un factor autónomo a la hora de evaluar el rendimiento; en las modalidades de fuerza rápida, debido a la velocidad de la secuencia temporal y al despliegue máximo de fuerza, se necesita un grado elevado de facultades técnicas; en las modalidades de competición y de lucha, la técnica influye decisivamente sobre la solución de situaciones complejas de lucha y de juego; finalmente, en las modalidades de resistencia, la técnica tiene sobre todo funciones de economización (como, p. ej., en esquí de fondo).

La práctica del deporte muestra que la técnica se suele descuidar a favor de un incremento forzado de las cualidades de condición física. Dado que en muchas modalidades el volumen y la intensidad del entrenamiento apenas se pueden aumentar –nos referimos exclusivamente al deporte de alto rendimiento–, el trabajo intensivo de la técnica será en un futuro *una* de las posibilidades de mantener el progreso del rendimiento.

Entrenabilidad de la técnica deportiva

El camino para el perfeccionamiento técnico-deportivo está determinado sobre todo, según Djackov (1973, 8), por el nivel de partida de la técnica y por las experiencias motoras adquiridas. En este sentido, se puede ver que los alumnos mejor entrenados en el aspecto coordinativo aprenden la ejecución técnico-deportiva correcta con mayor velocidad que aquellos que disponen de un repertorio de movimientos escaso y, por tanto, de una base coordinativa limitada. Por ello debería trabajarse ya desde un mo-

mento temprano con vistas a la ampliación del repertorio de movimientos, a la formación de técnicas básicas y a la mejora continuada de los factores de rendimiento físicos.

En el transcurso de la vida no sólo disminuye la capacidad de aprendizaje motor, sino que se deterioran también las capacidades físicas. La involución –regresión de un órgano debido a la fisiología de la edad– de la unidad neuromuscular implica, según Schmidt (citado en Hollmann, 1972, 189), un declive de la seguridad de la coordinación, del procesamiento de la información (v. pág. 510), de la concentración y de la capacidad de reacción). Así pues, hemos de procurar que la técnica se aprenda cuanto antes posible, para su posterior estabilización. Sólo de esta forma obtendremos rendimientos extraordinarios sobre la base de una buena técnica, pese al avance de la edad y al descenso del nivel de rendimiento físico.

Etapas del entrenamiento de la técnica

De acuerdo con Martin (1977, 182), el desarrollo del rendimiento deportivo-motor complejo, y por tanto también el de la técnica, suele tener lugar en tres etapas:

- *La etapa del desarrollo multilateral*
Aquí se da prioridad a la ampliación de las capacidades coordinativas, y por tanto del repertorio de movimientos y de la experiencia motora, y a la adquisición de habilidades técnicas básicas (en la coordinación gruesa). Un estancamiento del progreso técnico aparecido en años posteriores se explica a menudo por una base demasiado estrecha de la coordinación específica de la modalidad (cf. Blume, 1978, 29).
- *La etapa de la preparación general*
Interesa aquí el refinamiento progresivo de las técnicas deportivas, relacionado con una preparación física general.
- *La etapa de la preparación específica (especialización)*
Predomina la consolidación de una técnica adaptada a las posibilidades individuales, óptima, inasequible a las desviaciones y automatizada, sobre la base de una preparación física específica y centrada en la disciplina concreta.

Criterios y características de la técnica deportiva

En el entrenamiento de la técnica se trata de aproximar un valor real (nivel de habilidad actual) a un valor ideal (tipo motor ideal).

En este contexto, los valores ideales tienen que orientarse en función del estado de desarrollo momentáneo del deportista (cf. Rieder, 1972, 107; Martin, 1977, 183). Así, por ejemplo, el principiante posee aún una formación técnica demasiado escasa para que las características del recorrido, de la fuerza y del tiempo se correspondan con el nivel del especialista de elite. Por otro lado, el deportista de elite tiene ya su estilo personal tan bien desarrollado que a menudo sólo consigue mejorar su rendimiento enfocando el trabajo técnico en la dirección de sus particularidades individuales, y no en la dirección de otras características que, en la comparación con otros atletas de elite, resultan determinantes para la técnica (Rieder 1972, 107).

El primer paso para elaborar un modelo de técnica ideal es una división, elaborada con criterios científicos, de las fases estructurales de la secuencia motora global (Martin, 1977, 189). La *biomecánica* ofrece en este contexto una ayuda valiosa, en el sentido de un registro objetivo de las características del movimiento, sobre todo de su aspecto cuantitativo. Permite objetivar la técnica, describir las características cinemáticas y dinámicas (v. *infra*), fundamentar las variantes intencionales de la técnica, determinar las características técnicas más importantes –y por tanto extraer conclusiones con vistas a la elección de las herramientas de entrenamiento– y asimismo registrar los puntos débiles en el sistema biomecánico (cf. Buchmann, 1976, 456).

En el análisis biomecánico del aspecto cuantitativo del movimiento, tan importante para el análisis del movimiento, distinguimos características *cinemáticas* y *dinámicas*.

Las *características cinemáticas* registran la estructura espacial de la secuencia motora, como, por ejemplo, las características longitudinales (longitud de la zancada, longitud del recorrido de aceleración, etc.) y del recorrido (ángulo articular, ángulo de salto).

Se pueden clasificar en el siguiente orden (Martin, 1977, 186):

1. División en fases del movimiento (p. ej., carrera de aproximación, despegue, fase de vuelo y aterrizaje).
2. Las fases del movimiento se completan mediante características temporales.
Las características temporales describen la duración de las fases motoras (p. ej., duración de la fase de apoyo en el momento del despegue).
3. Representación de las características longitudinales y del recorrido (p. ej., longitud de las zancadas penúltima y última en salto de longitud, ángulo de despegue).
4. Características de velocidad (p. ej., duración de las zancadas última y penúltima, conocida en la práctica como ritmo de carrera o de batida).

Las *características dinámicas* registran la estructura dinámico-temporal de la secuencia motora desde el punto de vista del ocurrir de la fuerza. Se refieren sobre todo a las fuerzas de frenado y aceleración y a los momentos de giro.

Entre ellas figuran (cf. Martin, 1977, 199):

1. El recorrido de aceleración (longitud óptima y forma del recorrido de aceleración).
2. Los impulsos de fuerza y de frenado (para conseguir, p. ej., un impulso explosivo en salto de longitud, las fases de amortiguación y de impulso tienen que estar coordinadas entre sí de forma óptima en sus recorridos de fuerza de frenado y aceleración).
3. La coordinación de impulsos parciales (sólo la coincidencia temporal de todas las aceleraciones parciales –p. ej., impulso de la pierna de salto, intervención de la pierna de impulso y de los brazos en salto de longitud– permite la sumación de todas las fuerzas aisladas).

4. Los momentos de fuerza o de giro (influjo sobre los momentos de fuerza o de giro, p. ej., modificando el comportamiento del despegue en salto de longitud).

La figura 384 nos ofrece una visión global de las características de una técnica deportiva.

El esquema de las características proporciona posibilidades de operativización importantes para el proceso de aprendizaje de la técnica. Por operativización entendemos la determinación y formulación sistemáticas y objetivas del comportamiento deseado de un deportista (v. Martin, 1977, 183).

Sobre la base de un modelo de técnica ideal típica tiene lugar la enseñanza y por tanto el proceso de aprendizaje del deportista.

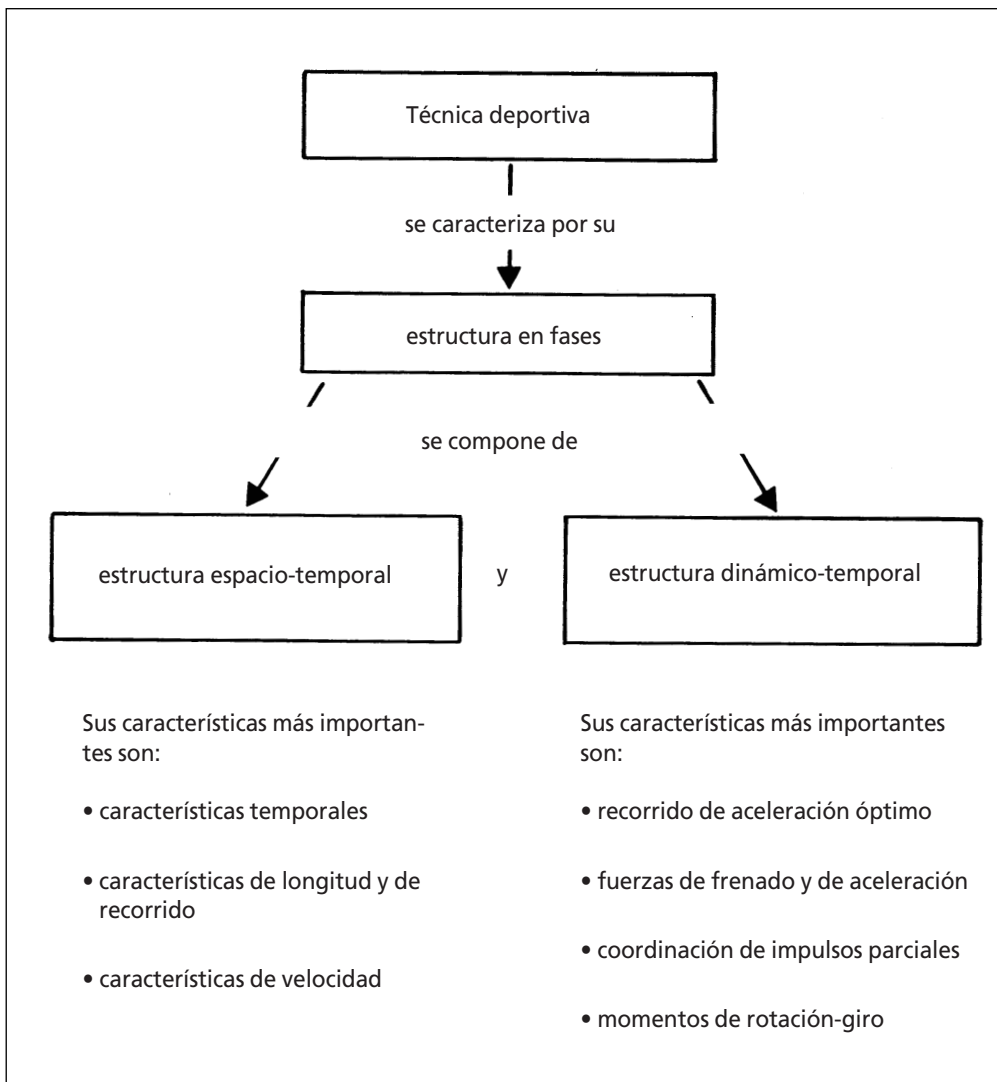


Figura 384. Esquema general de las características de la técnica deportiva (de Martin, 1977, 204).

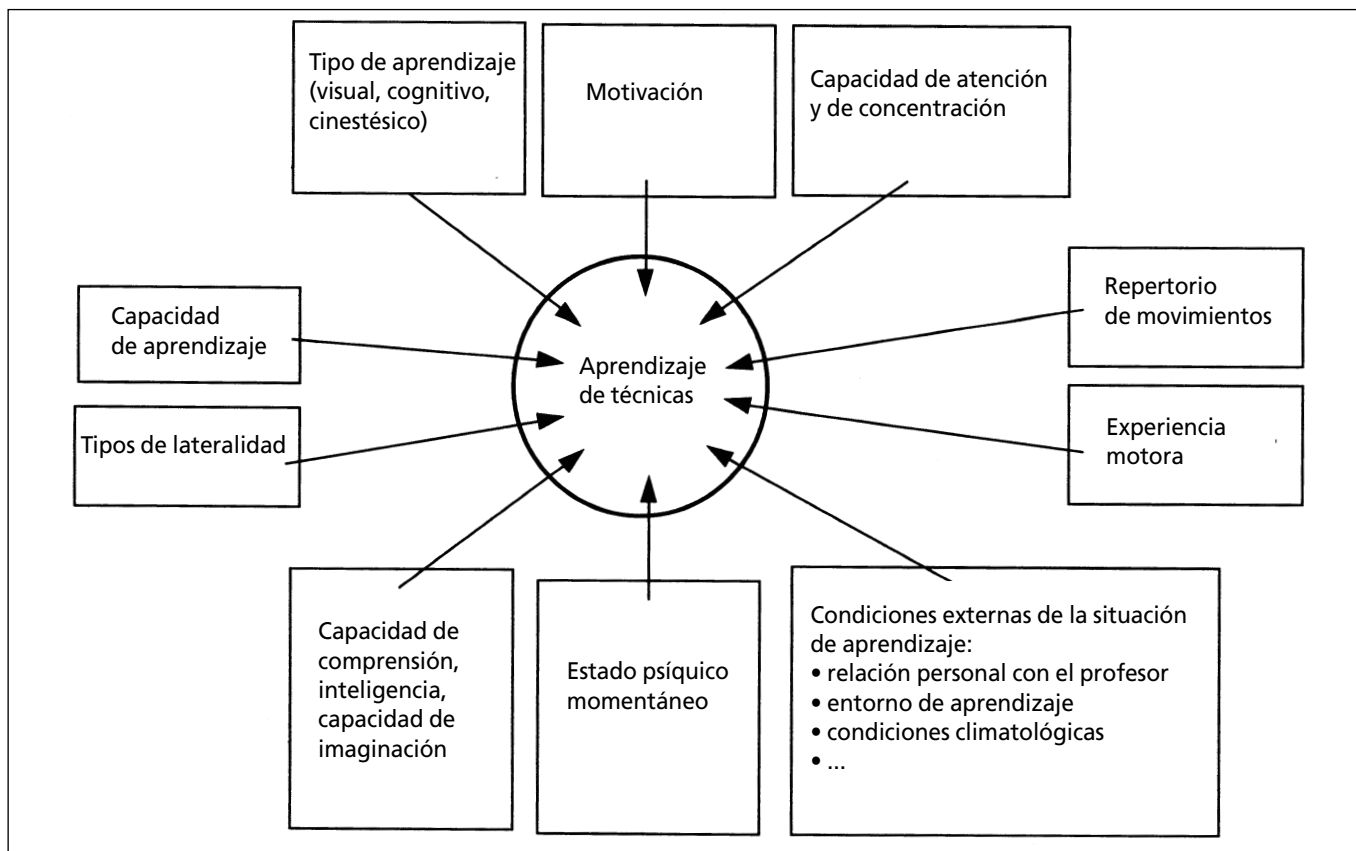


Figura 385. Factores que influyen sobre el aprendizaje de técnicas.

Factores que influyen sobre el proceso de aprendizaje de la técnica

Como se puede ver en la figura 385, el aprendizaje de la técnica depende de una serie de condiciones *externas e internas* (v. también pág. 510).

El factor más importante para el proceso de aprendizaje motor, y también para el rendimiento deportivo, es la motivación.

El rendimiento deportivo motor necesita una situación de motivación positiva, con independencia del nivel de rendimiento (cf. Joch, 1992, 130).

Los progresos a gran escala en el aprendizaje sólo se pueden conseguir si optimizamos los factores internos y externos que favorecen el rendimiento y los adaptamos a las exigencias individuales.

Como la descripción detallada de todos los factores sobrepasaría el marco de este libro, nos limitaremos a esta breve información introductoria.

Fases del aprendizaje en el entrenamiento de la técnica deportiva

(cf. Hotz/Weineck, 1983, 12)

El proceso de aprendizaje de la técnica tiene lugar en diferentes etapas (tabla 65).

1. Fase de enseñanza y comprensión

Se informa al deportista sobre el movimiento que tiene que aprender, y éste elabora las condiciones necesarias para concebir un plan de acción. Para ello le ayudan sus experiencias motoras, su nivel motor inicial y sus dotes de observación y comprensión, a menudo estrechamente ligadas a los factores anteriores.

2. Fase de coordinación gruesa

Las primeras experiencias en la ejecución práctica, junto con las indicaciones verbales sencillas, son la principal fuente informativa en esta fase. A su conclusión, la tarea motora se encuentra ya dominada en su estructura gruesa.

Fases de aprendizaje en el desarrollo de la técnica deportiva	Criterios metodológicos en el proceso de entrenamiento de la técnica	Desarrollo neurofisiológico del proceso de aprendizaje motor
1. Fase de acomodación al ejercicio planteado.	Transmitir las primeras representaciones de la secuencia global del movimiento; crear las condiciones mediante ejercicios previos y habilidades básicas.	Las percepciones ópticas, acústicas, verbales y cinestésicas experimentadas en esta fase provocan los primeros campos de excitación, representaciones mentales del movimiento y modelos de activación.
2. Fase de coordinación gruesa: la secuencia motora adquiere sus primeras estructuras básicas globales.	Las secuencias motoras se entrenan "de forma global", pero en condiciones reducidas, sin elaborar las características de fases aisladas o movimientos parciales. El objetivo de esta fase es el modelo básico global de la secuencia motora.	"Fase de la irradiación de los procesos de estimulación": extensión y predominio de los procesos de excitación frente a los de inhibición en la corteza cerebral. El resultado es una inervación exagerada y poco económica de la musculatura de los órganos ejecutores.
3. Fase de coordinación fina: las diferentes fases del movimiento adquieren su estructura cinemática y dinámica, y la secuencia motora global es cada vez más consciente.	Se conserva el armazón básico global de la forma gruesa, pero se destacan fases concretas y "puntos de visión" de la técnica para su entrenamiento aislado. El modelo motor es ahora el tipo ideal de la técnica. Las condiciones de aprendizaje son relativamente homogéneas. La modulación fina depende también en alto grado de que el objetivo y el proceso del aprendizaje se hagan conscientes. Modulación fina = ejercicio consciente.	En la "fase de concentración" los procesos de inhibición y excitación convergen sobre los centros y órganos que interesa inervar. No obstante, el sistema global de inhibición y excitación permanece relativamente inestable y es susceptible de alteraciones. Las secuencias motoras se realizan bajo control sensorial, fundamentalmente óptico.
4. Fase de consolidación y estabilización: el sistema de las reacciones motoras se consolida, esto es, las secuencias motoras son capaces de reaccionar y adaptarse frente a las influencias procedentes del medio externo y del interno, y adquieren una estructura estable.	Se consigue una secuencia motora estable, sobre todo con el ejercicio en situaciones cambiantes y en condiciones de competición. El objetivo pedagógico es una capacidad elevada de reacción y adaptación ante la situación del momento. Interesa igualmente el entrenamiento de una sensibilidad y percepción motoras a un alto nivel.	Los procesos de excitación e inhibición se automatizan, de modo que se pueden efectuar secuencias motoras sin una atención consciente sobre ellas. Los esquemas de inervación se "insertan" en la corteza cerebral. De esta forma, la coordinación del movimiento se estabiliza y la atención se puede dirigir hacia otros factores del entorno.

Tabla 65. Resumen de los factores de la fase de aprendizaje, teniendo en cuenta aspectos del comportamiento, de la metodología del entrenamiento y de la neurofisiología (de Martin, 1977, 216 s.)

Las formas de manifestación correspondientes a este estadio son un empleo de fuerza exagerado y en parte erróneo, interrupciones en el transcurso temporal, ejecución angulosa del movimiento, ritmo de movimiento equivocado (demasiado lento o demasiado rápido) y ausencia de precisión en el movimiento (cf. Rubinstein, 1958, 682).

3. Fase de coordinación fina

Al final de esta fase de ejercicio y de corrección la tarea motora se encuentra ya dominada en su estructura fina.

Las formas de manifestación correspondientes son un empleo adecuado de la fuerza, ritmo y volumen de movimiento idóneos, y flujo más intenso del movimiento. La precisión creciente del movimiento se explica básicamente por la comprensión cada vez mejor de las informaciones verbales y de otro tipo.

4. Fase de consolidación, perfeccionamiento y disponibilidad variable

En esta fase se consolida la coordinación más fina del movimiento, que se puede aplicar también con éxito en condiciones difíciles e inhabituales. La automatización parcial del movimiento permite al deportista centrar su atención en los puntos críticos de la secuencia motora. Los síntomas correspondientes son la precisión, la constancia y la armonía del movimiento. La tabla 65 nos ofrece una buena visión global de las diferentes fases del aprendizaje, los criterios metodológicos del entrenamiento a ellas asociados y el transcurso neurofisiológico del proceso de aprendizaje motor.

Fundamentos psicomotores y neurofisiología relacionados con el aprendizaje del movimiento (de la técnica)

Fundamentos psicomotores

Para explicar el proceso del aprendizaje es necesario exponer brevemente la secuencia de una acción motora y su modificación mediante comparaciones entre los valores real e ideal (impulsos de corrección).

Una acción motora –en nuestro caso la realización de una técnica deportiva– se puede dividir en tres fases:

1. Fase premotora: preparación de la acción elaborando un plan de movimiento (establecimiento del valor ideal).
2. Fase motora: realización del plan de movimiento. Experiencia y vivencia de lo anticipado mentalmente.

3. Fase posmotora: evaluación del movimiento mediante una comparación entre los valores ideal y real, que sirve al mismo tiempo como base para elaborar un nuevo plan de movimiento.

La figura 386 presenta un resumen del proceso complejo de una acción motora.

Las tres fases están imbricadas entre sí a la manera de un ciclo regulador, que permite regular y conducir el proceso del aprendizaje motor.

Por tanto, las tres fases revisten una gran importancia para la corrección de los movimientos, y también para el acto del aprendizaje.

En la primera fase se elabora un *plan de movimiento* a través de la llamada *síntesis de aferencias* (recepción y valoración de todos los factores relevantes para el movimiento). En la segunda fase, el movimiento se experimenta en una dimensión completamente nueva con su puesta en práctica real (*eferencia*): las informaciones cinestésicas y vestibulares crean el *modelo motor interno*, ampliando así la base para la comparación valor ideal-valor real. Finalmente, en la tercera fase el movimiento efectuado se valora, para su corrección, a través del *sistema de reaferencias*, y sirve como plan motor nuevo y mejorado para el próximo intento. Por sistema de reaferencias entendemos la totalidad de retroinformaciones correctoras, procedentes de los efectores del movimiento (músculos) y de los analizadores del movimiento (v. pág. 486), que incluye representaciones subjetivas y objetivas del desarrollo del movimiento.

Con la ayuda de un ejemplo ilustraremos brevemente la secuencia funcional “aferencia – eferencia – reaferencia”:

Una orden de la corteza cerebral –como resultado de todas las informaciones recibidas para la elaboración de un esquema de movimiento (la llamada síntesis de aferencias)– conmuta como eferencia en las células motoras del asta anterior de la médula espinal, y es transmitida a los músculos. Al mismo tiempo, esta eferencia se almacena en la médula espinal.

Después de que la orden ha sido ejecutada vuelve a la médula espinal una comunicación sobre el éxito del proceso (reaferencia). Se compara con la copia de la eferencia. Si coinciden la copia de la eferencia y la reaferencia, y por tanto el valor real con el valor ideal, el movimiento efectuado se evalúa como correcto y sobran las correcciones. Si la reaferencia difiere respecto de la copia de la eferencia, el proceso se transmite al cerebro como exaferencia (aferencia nueva respecto de la realización del movimiento planeada en un principio), y éste puede intervenir como instancia correctora (cf. Keidel, 1973).

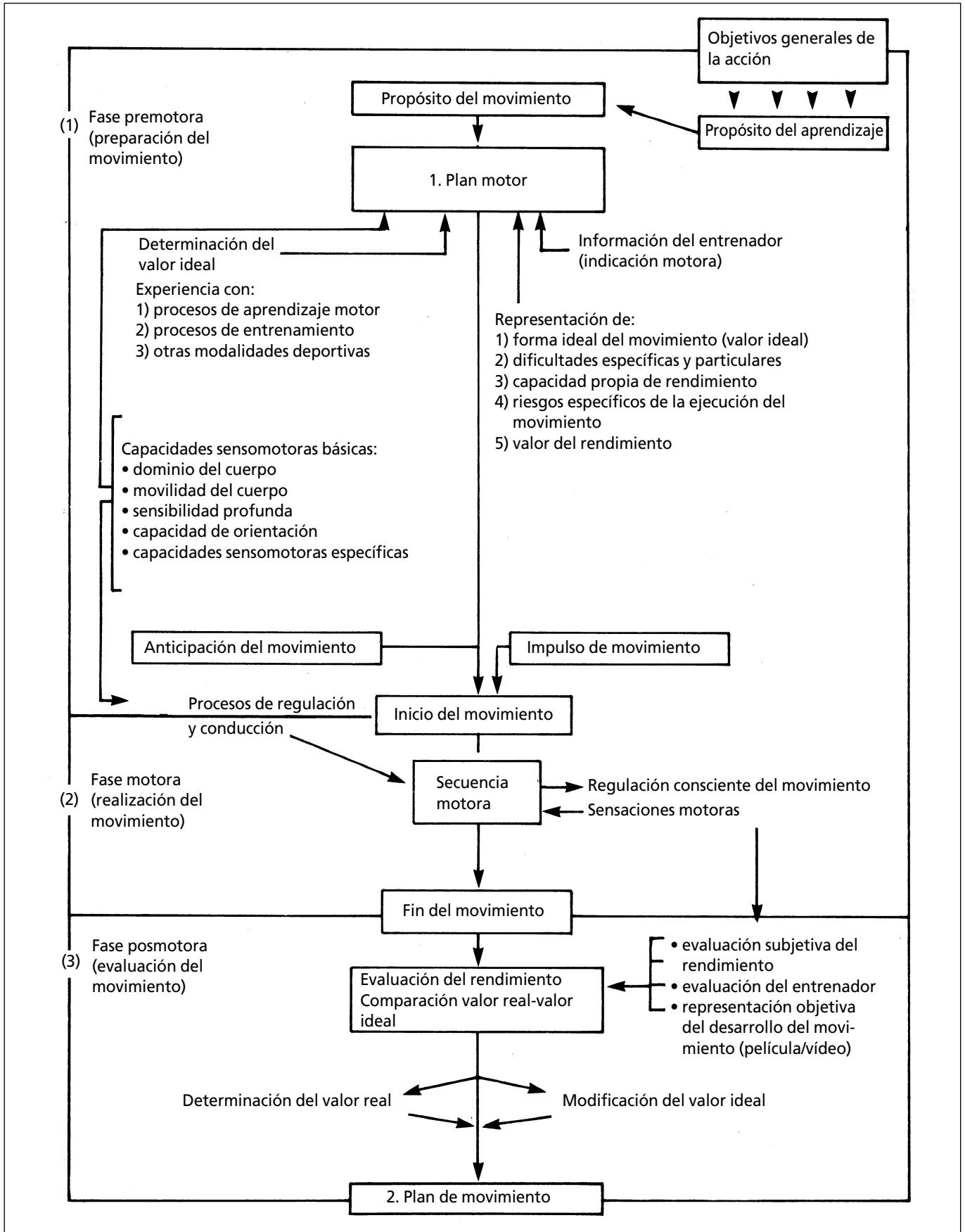


Figura 386. Fases del proceso de la acción motora (modificado de Thomas, 1977, 288).

Todas las acciones motoras sucesivas dependen directamente, según Anochin (1960, 66), de la dimensión de la reaferencia que informa sobre el éxito de la acción motora precedente. Se puede ver, por tanto, que la calidad de estas informaciones retroactivas –determinada en gran medida por la experiencia motora disponible– influye de forma decisiva sobre el proceso del aprendizaje.

Las correcciones reaferentes para la optimización de un movimiento pueden efectuarse, dependiendo de la situación, *durante* o *después* de la realización de éste. Ello depende de la velocidad con que se ejecute el movimiento y del estado de rendimiento del deportista. En movimientos muy rápidos (de unos 100 ms de duración), el inicio, la ejecución y el final están programados con antelación en el SNC, y los posibles factores de distorsión no se pueden compensar mediante una corrección del movimiento (v. Adler 1977, 485). Un ejemplo tomado del tenis puede aclarar la cuestión: se ejecuta un *drive* con fuerza y sin efecto, y el contacto con el borde de la red modifica de forma decisiva la trayectoria de la pelota. El tiempo para la reprogramación fue demasiado corto en este caso.

En todo caso, la capacidad para ejecutar un cambio de programa *dentro* de una realización motora planificada no figura en el programa de aprendizaje del principiante, sino en el del deportista de elite.

Las tres fases mencionadas de la acción motora se suceden con mayor velocidad en los deportistas de alto rendimiento, con un alto nivel de técnica, pues éstos poseen programas completos y parciales ya disponibles, y aprovechan mejor las informaciones de aferencia y reaferencia. Por el mismo motivo, el deportista de elite puede encontrar la respuesta “correcta” en situaciones desconocidas hasta el momento, pues para él el programa improvisado sólo es nuevo en parte. Por el contrario, el principiante en términos de técnica tiene que dominar un número sustancialmente mayor de “variables desconocidas” en situaciones no habituales, esto es, su comportamiento motor es mucho más susceptible ante los trastornos, pues sus movimientos poseen un menor número de componentes automatizados.

Fundamentos neurofisiológicos

(cf. Hotz/Weineck, 1983, 31 s.)

Formación de la memoria como punto central del aprendizaje motor

La memoria es indispensable para todos los procesos de aprendizaje y de adaptación, pues toda modificación del comportamiento se basa en una evaluación comparativa, una valoración y un proyecto nuevo.

La formación de la memoria se basa en mecanismos de adaptación neurofisiológicos complicados y no aclarados definitivamente hasta la fecha.

Según el estado actual de los conocimientos (cf. Matties, 1973, 531 y 1979, 179; Ott, 1977, 104; Kokonen, 1979, 50; Lössner y cols., 1979, 125; Rahmann 1979, 107; Voronin/Danilova 1979, 121 s.; Wenzel/Kammerer/Frotscher 1979, 361; Kugler 1981, 5 s.), la *formación de la memoria*, y en consecuencia también el aprendizaje motor, se puede explicar por *procesos metabólicos neuronales*, que originan en último término alteraciones duraderas de las *membranas sinápticas*, y por tanto una diferente permeabilidad para los diferentes aflujos de excitación (informaciones codificadas).

Así pues, podemos definir el *aprendizaje del movimiento y de la técnica* como un condicionamiento de enlaces sinápticos, que produce un nuevo reticulado de los *sistemas neuronales* específicos del movimiento.

La diversidad y el volumen de los procesos metabólicos neuronales en el transcurso del aprendizaje son inabarcables: en un segundo de actividad mental normal –un aspecto del aprendizaje motor– se metabolizan en cada célula del cerebro unas 15.000 moléculas de proteína (Kugler, 1981, 5).

La figura 387 ofrece un resumen de los procesos metabólicos y estructurales que tienen lugar durante el aprendizaje motor.

El aprendizaje del movimiento y de la técnica se basa en procesos bioquímicos que discurren en estructuras anatómicas jerárquicamente ordenadas (v. pág. 88), y que se organizan, mediante alteraciones sinápticas, de forma superpuesta en un reticulado específico de sistemas neuronales.

La existencia de productos de síntesis que condicionan la transmisión de información ha podido demostrarse de forma convincente con el aislamiento de péptidos responsables de alteraciones del comportamiento; pensemos en la “escotofobina”, aislada y producida de forma sintética por Ungar (1973, 317). Desde entonces cientos de experimentos han conseguido transmitir informaciones delimitadas y aprendidas con ayuda de las sustancias condicionantes específicas (cf. Gay/Raphaelson, 1967; McConnell/Malin, 1973, 343; Fjerdingstad, 1973, 430; Domagk/Schonne/Thines, 1973, 419).

Memoria inmediata, memoria a corto plazo y memoria a largo plazo

La existencia de la *memoria inmediata* –llamada también *memoria de segundos*– se atribuye sobre todo a procesos bioeléctricos que tienen su origen en los neurotransmi-

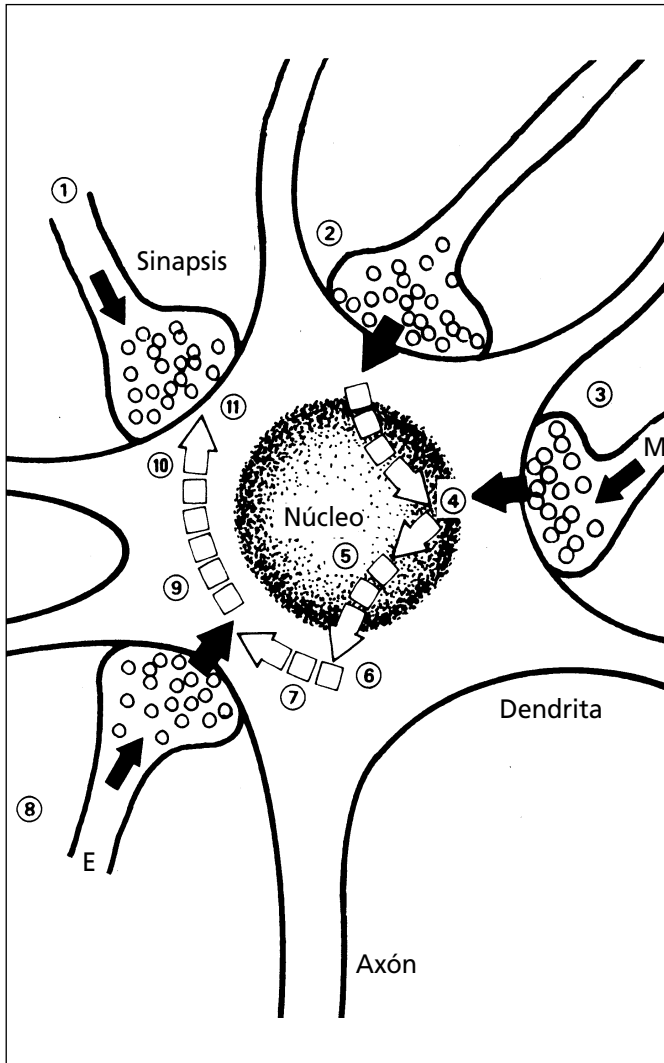


Figura 387. Modelo hipotético de los procesos metabólicos de una neurona durante el almacenamiento de memoria (modificado de Matthies, 1979, 213). 1. Aflujo de una excitación específica (información) procedente de la vía sensitiva hacia una sinapsis inactiva: liberación de un transmisor. 2. Provocación de un potencial de acción con activación del receptor postsináptico. En paralelo a este proceso: alteraciones formales locales de la membrana postsináptica como primera condición para la entrada de información. Modificación de la síntesis de proteínas mediante activación de enzimas metabólicas. 3. Los influjos de excitación, motivadores (M), actúan a través de transmisores específicos, favoreciendo el proceso de síntesis de proteínas. 4. Paso de las proteínas al núcleo. 5. Modificación de la actividad genética. 6. Modificación cuantitativa y cualitativa de la formación de cadenas de polipéptidos. 7. Formación de glucoproteínas específicas. 8. Los aflujos de excitación emocionales (E) actúan sobre los transmisores específicos favoreciendo el proceso de síntesis de proteínas. 9. Transporte de estas glucoproteínas hacia las dendritas y la membrana postsináptica inactiva (aún no modificada en su forma) de la sinapsis condicionada. 10. Incorporación de la glucoproteína a la membrana postsináptica modificada. 11. Transformación de la sinapsis inactiva en activa: la sinapsis “ha aprendido”, esto es, a través de los cambios estructurales de la membrana ha almacenado los aflujos de información “en la memoria”.

sores (cf. Guttmann/Matwyschin/Weiler, 1973, 397; Huston/Mueller, 1979, 176; Kugler, 1981, 8).

El correlato de la *memoria a corto plazo* parece ser el proceso siguiente, originado a su vez por los procesos bioeléctricos. Según Sinz (1977, 204), después de 500 ms de la entrada de una información específica del aprendizaje se producen ya reacciones neuroquímicas, que ponen en marcha la síntesis de *moléculas proteicas* en elementos estructurales pericarionales (situados alrededor del núcleo). La estructura química de la proteína formada depende probablemente de la combinación de procesos electrofisiológicos en la membrana y de los neurotransmisores y moduladores participantes en el proceso.

La síntesis de las *moléculas proteicas* necesita un tiempo determinado —entre unos minutos y unos días—, hasta que, a partir de la llamada iniciación, se llega a la formación completa de una *molécula proteica* (cf. Kugler, 1981, 8).

Finalmente, la *memoria a largo plazo* aparece una vez concluido el transporte de la molécula proteica sintetizada hacia lugares determinados de la membrana y su alojamiento en la estructura de lípidos de dicha membrana.

Así pues, las *memorias inmediata, a corto y a largo plazo* se basan en una secuencia de procesos aislados (fig. 388) que se condicionan mutuamente. El conjunto del proceso se puede modificar en diferentes etapas de su desarrollo mediante influjos de estimulación o de inhibición (cf. fig. 387, 3 y 8).

Todos los enfoques parciales muestran que los *mecanismos de formación de la memoria y las fases de la memoria* basadas en éstos sólo se pueden entender como *resultado conjunto* de la interacción de mecanismos reguladores moleculocelulares y de acontecimientos en el nivel de la red neuronal (Ott, 1977, 104).

Reforzadores de memoria

Determinadas *neurohormonas* influyen de manera específica sobre el proceso de aprendizaje y formación de la memoria (cf. Stark/Ott/Matthies, 1979, 315). Su efecto se plasma en el refuerzo o el mantenimiento de los procesos de la memoria. Constituyen la base de la memoria a corto plazo y modulan los procesos siguientes, que permiten la memoria a largo plazo.

Junto a los refuerzos “positivos” distinguimos también otros “negativos”, cuyo efecto es un empeoramiento del efecto del aprendizaje (cf. Huston/Muller, 1979, 175).

Entre los *refuerzos positivos* encontramos una serie de péptidos con un efecto específico en el cerebro, procedentes de los lóbulos anterior (p. ej., ACTH), intermedio (p. ej., al-

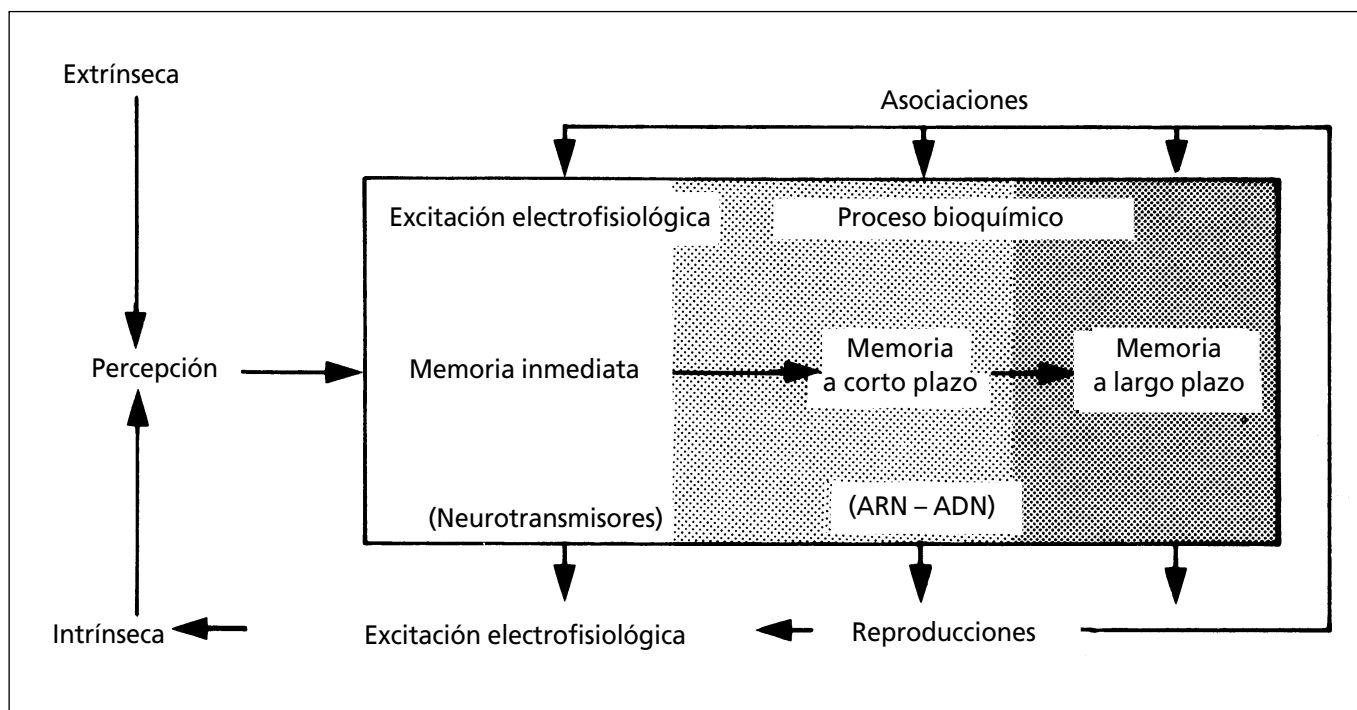


Figura 388. Representación esquemática de las funciones de la memoria. Las informaciones extrínsecas (procedentes del exterior) e intrínsecas (originadas en el propio encéfalo) (aflujos de excitación) desencadenan los diferentes procesos de la memoria (de Kugler, 1981, 9).

fa-MSH) o posterior (p. ej., vasopresina) de la hipófisis. Todos estos péptidos elevan la resistencia ante el olvido de materias de aprendizaje; se diferencian sólo en la duración de su efecto; algunos actúan durante horas (p. ej., ACTH), días (p. ej., DS_{1-15}) o semanas (p. ej., vasopresina). El rendimiento de aprendizaje empeora en ausencia de estas neurohormonas, o cuando su disponibilidad es reducida (cf. de Wied, 1973, 373 s.).

Los factores como el *elogio*, la *riña*, el *estrés de aprendizaje* y la *atención* han demostrado su condición de *refuerzos positivos* o *negativos*; la cuestión es interesante para el proceso de aprendizaje motor y técnico. Su influjo se plasma en la mejora o la inhibición de la síntesis de proteínas. Así pues, el *elogio* y la *riña* pueden tener una expresión en formulas bioquímicas (cf. Kugler, 1981, 7).

Las diferencias individuales en la capacidad de rendimiento memorístico, y por tanto de aprendizaje, se explican probablemente por la presencia variable de estas sustancias y por las consiguientes diferencias en los rendimientos de síntesis.

Como la fabricación sintética de estos “refuerzos de la memoria” es seguramente una cuestión de tiempo, suponemos que en un futuro próximo los rendimientos de aprendizaje motor serán muy elevados, mucho mejores

desde el punto de vista del resultado, y ocuparán un tiempo mucho más reducido.

La teoría de los “bucles largos”

En el aprendizaje motor las células nerviosas del sistema nervioso central (neuronas) forman un reticulado específico a través de sus uniones sinápticas. El hecho tiene su expresión en la teoría de los “bucles del comportamiento” (cf. Hebb, 1949) o de los “bucles largos” (*long loop*; cf. Grimm/Nasher, 1978, 75 ss.) (fig. 389).

Al inicio de un proceso de aprendizaje los aflujos de excitación (informaciones) tienen que recorrer varias veces el bucle como “circuito reverberador”, provocando los estímulos sucesivos necesarios para la memorización y fijando así el bucle (cf. Kugler, 1981, 5).

Si transferimos esta representación esquemática al aprendizaje de movimientos o de la técnica, cualquier movimiento se basa en varios bucles, que se encadenan en diferentes planos anatómicos actuando de forma simultánea. Dependiendo de la acción motora y del estado de rendimiento interaccionan diferentes bucles externos (p. ej., ópticos) e internos (p. ej., cinestésicos); un principiante controla sus movimientos más con la vista, y un “experto” más con las sensaciones cinestésicas (cf. Cratty, 1975, 412).

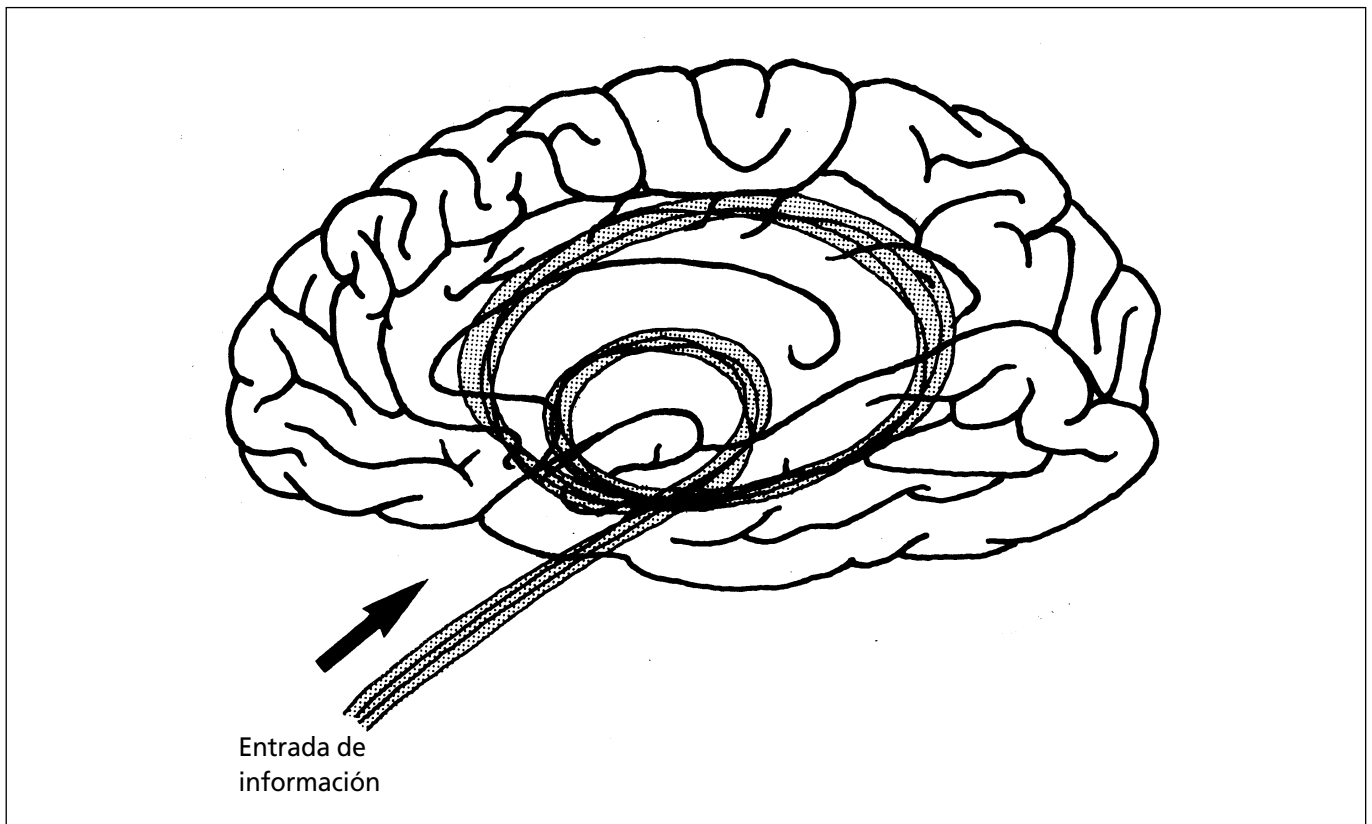


Figura 389. Ejemplo de un modelo de bucle, representado en un "circuito reverberizante" (de Kugler, 1981, 5).

Basándonos en la "teoría de los bucles", podemos definir de la siguiente manera el aprendizaje del movimiento y de la técnica:

El *aprendizaje* induce la formación y fijación de "bucles neuronales" específicos de los contenidos informativos; a través de mecanismos propios de la memoria, estos bucles se almacenan para un tiempo más o menos largo, y son por tanto recuperables. La expresión "pulir un movimiento" adquiere desde este punto de vista una dimensión fisiológica evidente.

Desaprender (olvidar) significa la desaparición de un bucle motor anteriormente creado.

El acto de *reaprender* se caracteriza por la sustitución de un bucle fijado por otro bucle más o menos parecido, pero en último término nuevo.

Los bucles, según Grimm/Nasher (1978, 75), tienen un tiempo de existencia determinado por la fisiología. Se actualizan a través de estímulos externos específicos (entrada de información sensorial), de la experiencia o del control inconsciente. Una vez que se ha desarrollado un contenido

determinado (*output*) desaparece el bucle, esto es, el circuito sistémico; las neuronas quedan libres para emprender otras tareas, esto es, quedan de nuevo disponibles para su integración en sistemas funcionales nuevos.

Sobre la base de las explicaciones previas se pueden explicar también, de manera parcial, las diferencias entre los individuos en cuanto a la velocidad del aprendizaje, y la razón por la que dicha velocidad disminuye con la edad. En el trasfondo causal se encuentra, desde un punto de vista neurofisiológico (esto es, dejando al margen los diferentes factores psicológicos, cognitivos y emocionales que influyen sobre el proceso del aprendizaje), la diferente capacidad de síntesis de hormonas y de proteínas.

Las diferencias en cuanto a la capacidad de aprendizaje se pueden apreciar también en las *curvas de aprendizaje* individuales.

Curvas de aprendizaje

Las curvas de aprendizaje son un método usual para visualizar la adquisición de habilidades motoras. Son representaciones gráficas del número de intentos y de los rendimientos conseguidos, y se consideran indicadores de la

capacidad de aprendizaje y del transcurso de dicho proceso (cf. Cratty, 1975, 338/339; Singer, 1985, 36).

Dependiendo de factores como los métodos de entrenamiento, la distribución de las sesiones de entrenamiento, el tipo y nivel de la tarea o la edad del aprendiz, podemos obtener, como indica la figura 390, curvas diferentes para la misma tarea. Sobre el recorrido de las curvas influyen considerablemente una serie de factores favorables—entre otros, el tipo de enseñanza (demostración/imitación, explicación, permitir la experiencia o la sensación, v. también fig. 391), el comportamiento del pedagogo (paciente, benevolente, cooperativo, comprensivo, etc.), el entorno del aprendizaje (condiciones de aprendizaje y aparatos óptimos, entrenamiento con amigos, ejercicios de carácter lúdico, etc.)—o desfavorables para el rendimiento—pedagogo antipático (al que inconscientemente se considera incapaz), entorno de aprendizaje inadecuado (instalaciones deficientes, carencia de aparatos, condiciones climatológicas desfavorables, etc.) (cf. también fig. 390).

Las curvas de aprendizaje “auténticas” son extremadamente difíciles de mantener. No existe “la” curva de aprendizaje. En el tipo de adquisición de la habilidad se refleja en todo momento la especificidad de la tarea o del aprendiz (cf. Singer, 1985, 36/37).

En relación con el tipo de aprendiz, las curvas A y D podrían reflejar, respectivamente, un aprendizaje rápido y uno lento, mientras que en relación con la tarea podría tratarse de una tarea ligera y otra difícil/compleja; con esta última, el profesor debería tener la suficiente paciencia, y el

alumno de aprendizaje rápido avanzaría rápidamente en la tarea fácil. En cualquier caso, el profesor tiene que garantizar una adaptación al proceso de aprendizaje individual. Las estimaciones erróneas y los procedimientos equivocados condicionan el transcurso del aprendizaje o lo retrasan.

Contenidos del entrenamiento general y específico de la técnica

Contenidos del entrenamiento general de la técnica

En el entrenamiento general de la técnica, la prioridad corresponde a la *formación multilateral*. Se trata, por tanto, de adquirir un gran número de técnicas aisladas sencillas o de habilidades motoras, que puedan a su vez influir favorablemente sobre el proceso de aprendizaje de técnicas específicas y complejas, al tiempo que aumenta el número de contenidos de entrenamiento aplicables. La adquisición consciente de una técnica nueva significa por lo general el aprendizaje de algunos movimientos desconocidos, como componentes de la técnica que se quiere aprender; éstos se combinan de una forma específica con otros componentes de habilidades ya adquiridos (Harre, 1976, 191).

Para las diferentes modalidades esto significa, por un lado, que se debe enseñar un repertorio de movimientos extenso, que abarque varias modalidades, y por otro lado, que también se tiene que aprender los llamados ejercicios fundamentales de la propia modalidad, importantes para el progreso ulterior. Por *ejercicios fundamentales* entendemos, de acuerdo con Harre (1976, 191), aquellos ejercicios que se pueden tomar como base para el aprendizaje de

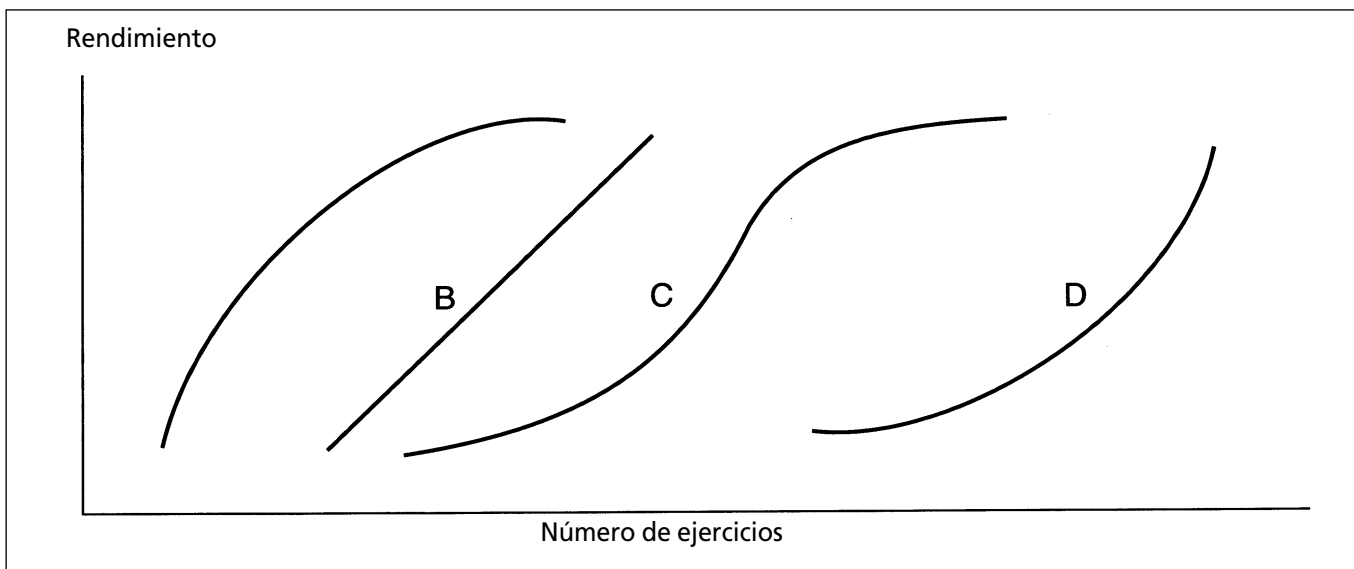


Figura 390. Diferentes curvas de aprendizaje con propiedades características (de Singer, 1985, 37).

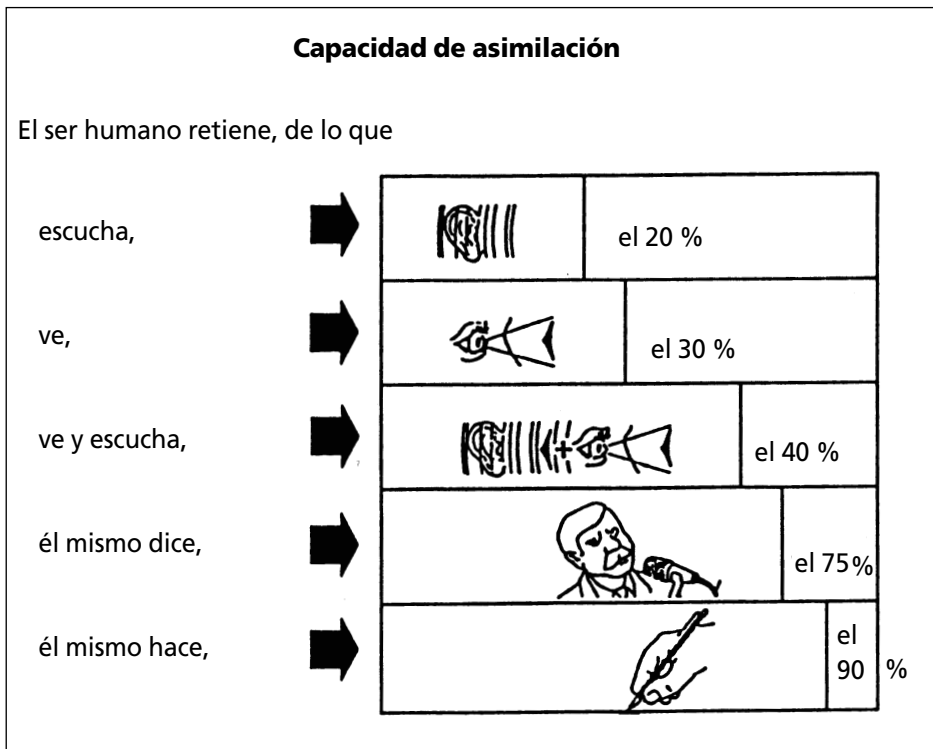


Figura 391. Mantenimiento del rendimiento (del aprendizaje) en función del proceso de enseñanza.

muchos otros ejercicios. En atletismo se trataría de formas básicas de carrera, salto o lanzamiento, en las cuales se trabajan elementos básicos importantes como, por ejemplo, el empleo bien coordinado de la pierna de salto, la pierna de impulso y los brazos, con contenidos de entrenamiento como carreras a saltos de extensión diferente, saltos con una pierna, etc., y como preparación para los ejercicios que constituyen nuestros objetivos.

Contenidos del entrenamiento específico de la técnica

El entrenamiento específico de la técnica se basa en las experiencias motoras del entrenamiento general de la técnica. Si en este último la prioridad correspondía a la adquisición de un gran número de habilidades (técnicas) motoras, ahora se reduce el abanico de técnicas específicas de cada modalidad, centrandlo el proceso de aprendizaje en el perfeccionamiento de un movimiento global y de sus distintas partes constituyentes. Esto se refleja también en la elección de métodos y contenidos de entrenamiento, y en la elección de medidas metodológicas.

Métodos del entrenamiento de la técnica

(cf. Hotz/Weineck, 1983, 43)

En el proceso de aprendizaje de la técnica distinguimos por lo general el *método global* y el *analítico* y los métodos del *aprendizaje concentrado* y del *aprendizaje repartido*. El

método global –como su nombre indica– plantea un aprendizaje integrador. El movimiento se aprende en su totalidad, por la vía directa. Este método resulta especialmente apropiado para las secuencias motoras sencillas y muestra sus ventajas sobre todo en la “mejor edad del aprendizaje” (aprendizaje a primera vista).

En el *método analítico* las secuencias motoras difíciles y/o complejas se dividen en sus componentes funcionales individuales –normalmente en la forma de una serie metodológica de ejercicios–, y se avanza en la dirección del movimiento global pasando de lo sencillo a lo difícil. Este método se debería utilizar en todos aquellos casos en que el aprendizaje global resulte imposible o en los que el aprendiz desee conocer detalles exactos del movimiento profundizando sobre las relaciones causales (sobre todo en las edades juvenil y adulta).

Por método de aprendizaje *concentrado* entendemos un aprendizaje intensivo, ininterrumpido, y por método *repartido*, un aprendizaje interrumpido varias veces. Cabe preguntarse si el primero resulta más conveniente para el proceso del aprendizaje deportivo; debido a la gran cantidad de variables, la cuestión no se ha podido resolver de forma experimental; la única posibilidad ha sido exponer las tendencias (cf. Goodenough/Brian, 1929, 127; Niemyer, 1958, 122; Merz, 1971, 434; Cratty, 1975, 357; Zieschang, 1977, 272).

Al inicio de un proceso de aprendizaje de *motricidad gruesa* –que involucra a grupos musculares mayores y está

asociado a un número creciente de repeticiones y a una fatiga psicofísica creciente— se debería dar preferencia al aprendizaje “concentrado” (cf. Goodenough/Brian, 1929, 127; Niemyer, 1958, 122). Este inicio “concentrado” del aprendizaje nos permite, en contraposición con el “repartido”, una orientación suficiente hacia el objetivo de la secuencia motora que se intenta aprender, garantizando así una base idónea para la activación del proceso de la memoria. Sobre esta base se puede pulir el bucle motor ya “registrado”, mediante *efectos de reforzamiento mental* consciente o inconsciente. En este sentido hemos de entender también el *fenómeno de la reminiscencia* (cf. Reed, 1971, 151; Irion, 1972, 178; Foppa, 1975, 257) y la *mejora del aprendizaje* después de un descanso prolongado del ejercicio, fenómeno conocido en la práctica del deporte. No obstante, en relación con el inicio “concentrado” del aprendizaje hemos de tener en cuenta que conviene interrumpir el ejercicio al aparecer los primeros síntomas de fatiga; el descenso de la atención y de la capacidad de concentración produce bucles motores menos precisos y debilitan o, en determinadas circunstancias, eliminan—inhibición retroactiva— la huella “buena” producida anteriormente en la memoria (cf. Cratty, 1975, 400). Como *continuación* del inicio “concentrado” del aprendizaje podemos recurrir al aprendizaje “repartido”, pues ahora podemos influir favorablemente sobre el avance del proceso de síntesis ya iniciado.

Como métodos posteriores para el entrenamiento de la técnica —apropiados sobre todo para el entrenamiento *específico*— se utilizan el ejercicio diferenciado activo y el pasivo.

Con el método del ejercicio diferenciado *activo*, el perfeccionamiento y la estabilización de la técnica específica se entrena mediante una repetición *activa* continua de la técnica global (p. ej., salto de altura con rodillo ventral) y de sus componentes aislados, (p. ej., carrera de impulso —despegue — superación del listón — aterrizaje), en condiciones estandarizadas, modificadas o dificultadas. Así pues, los contenidos del aprendizaje son el propio ejercicio de competición y ejercicios específicos que ayudan a precisar y a consolidar los detalles del movimiento.

El método del ejercicio diferenciado *pasivo* incluye el *entrenamiento mental*, el *entrenamiento de observación*, la *información verbal* y formas de entrenamiento comparables (v. pág. 555 s.), que generan en el deportista procesos fisiológicos característicos del movimiento realmente ejecutado y complementan, pues, con eficacia el método activo habitual.

Los *contenidos* de entrenamiento en la forma de trabajo de observación son películas de vídeo, demostraciones prácticas, series de transparencias, etc. En el caso de la información verbal, el papel protagonista corresponde a la

descripción, la explicación y las instrucciones del movimiento.

Con el *entrenamiento mental* se puede intensificar y mejorar la representación ideomotora del movimiento, dado el caso con la ayuda de textos acompañantes (v. también pág. 555).

La figura 391 muestra que, pese a todas las ventajas de los diferentes métodos psicológicos, el rendimiento del aprendizaje activo, desarrollado en la práctica, es el que presenta el mayor grado de eficacia.

Medidas metodológicas

En el proceso de aprendizaje de la técnica, las *medidas metodológicas* se distinguen en función de la fase del aprendizaje (v. pág. 502) y de los objetivos. En la enseñanza inicial de una representación motora, y en la posterior ejecución de la forma gruesa de la técnica, la prioridad corresponde al “ejercicio de asimilación” (cf. Martin, 1977, 223), que debe ir precedido de una breve explicación, de una demostración práctica o de ambas como indicadores de los objetivos.

Como característica de la fase de la *coordinación fina* podemos señalar, además del entrenamiento consciente de la técnica deseada, la asimilación de indicaciones y correcciones del movimiento cada vez más detalladas. Cuanto más exacta y clara es la representación del movimiento, mejor se aprovechan las indicaciones de detalle para su perfeccionamiento. Así pues, las *capacidades cognitivas* desempeñan un papel cada vez más importante en el proceso del aprendizaje.

En la fase de estabilización, disponibilidad variable y perfeccionamiento técnico predominan las medidas metodológicas orientadas a la mejora del detalle, la adaptación a condiciones inhabituales y la búsqueda de la solución motora idónea para cada individuo (pulido del estilo personal).

El problema de la multilateralidad y la especialización

El entrenamiento de los niños —ya sea en la escuela o en la sociedad deportiva— es un entrenamiento multilateral. Por su mentalidad, los niños “juegan bien en todas las posiciones y, dada la pulsión que sienten por el movimiento, su curiosidad y su necesidad de amenidad, aprovechan con entusiasmo toda oferta de movimiento nueva.

Los niños no son nunca especialistas, en el sentido que propone Lore Lorentz de este término:

“Un especialista es una persona que sabe cada vez más de cada vez menos, hasta que llega a conocer todo de casi nada”.

La problemática de la multilateralidad tiene que examinarse con un cierto escepticismo desde el punto de vista del deportista de alto rendimiento. En nuestros días se acepta comúnmente que “el deportista de alto rendimiento sólo podrá alcanzar rendimientos de elite si se especializa a su debido tiempo”. No obstante, *a su debido tiempo* no quiere decir *precozmente* en el sentido de una *especialización precoz*. Desde los trabajos de Feige (1978, 134), la problemática de la multilateralidad y de la especialización precoz ha generado una abundante controversia. Ambos aspectos se tratarán aquí en su condición de polos opuestos, pero también en su dependencia dialéctica.

Necesidad de multilateralidad en las edades infantil y juvenil

Fundamentos generales

Como muestran los estudios de Hasler (1989, 7), basta con dos años de entrenamiento en sociedad deportiva para que se produzca una diferenciación clara en las capacidades coordinativas. Dependiendo del perfil de exigencias de la modalidad –en nuestro caso fútbol y gimnasia artística–, se produce una consolidación característica de capacidades coordinativas específicas de la modalidad (v. fig. 392).

Los resultados de Hasler hablan en favor de una formación multilateral y polideportiva en la edad infantil.

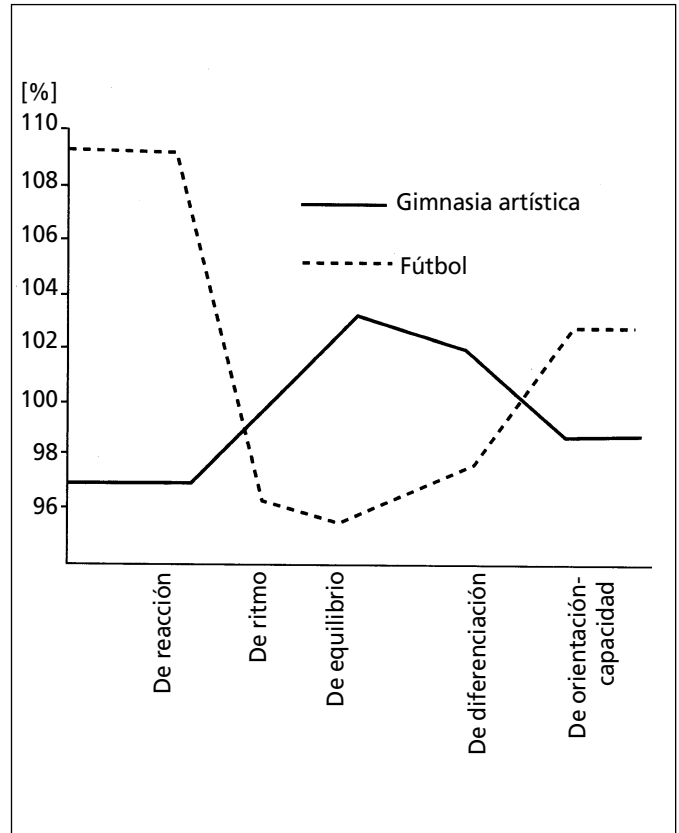


Figura 392. Cambio en las diferentes capacidades coordinativas como consecuencia de un entrenamiento específico de la modalidad de 2 años de duración (de Hasler, 1989, 7). El 100 % correspondía en el test inicial a la media aritmética de los alumnos.

... sólo en la clase de educación física, donde se muestra muy ágil y resistente, tiene problemas en ocasiones para refrenar su pulsión por el movimiento.

Mittlehrehnbach, el 29 de julio del 92

Director/a de la escuela



Profesor/a

in Pi

Figura 393. Clase de educación física y pulsión por el movimiento.

Una modalidad por sí sola no puede desarrollar de forma regular todas las capacidades coordinativas. Sólo una serie de modalidades diversas, con perfiles de exigencias coordinativas diferentes y complementarios, pueden garantizar una formación básica multilateral en el ámbito de la coordinación. Por ello, en la edad infantil se debería hacer hincapié en una formación polideportiva, que satisfaga esta necesidad.

En este sentido ha demostrado una especial eficacia la combinación de gimnasia, modalidad que se centra en las capacidades de orientación espacial (giros alrededor de los ejes longitudinal, transversal y de fondo), de equilibrio y de diferenciación muscular, un juego deportivo, que trabaja sobre todo las capacidades de reacción, de adaptación, de reubicación y de orientación espacial y temporal (*timing*), y atletismo, que tiene un carácter de condición previa en la mayoría de las modalidades en que interesan los rendimientos de coordinación rápida.

La inclusión de la natación como modalidad “bilateral” ha demostrado también su eficacia; sobre todo por su efecto relajante, propio de la hidroterapia.

En este contexto cabe mencionar el ejemplo de la suiza M. Hingis, campeona en las categorías infantiles de tenis;

figura entre las pocas tenistas que ha recibido intencionalmente una formación polideportiva, y le aguarda previsiblemente una carrera de éxitos en el tenis. La escuela, por su carácter de educación general y por el hecho de que todos los niños pasan por ella, tiene una gran importancia para el desarrollo de las capacidades coordinativas. Lamentablemente, en la “mejor edad del aprendizaje” enseñan profesores sin formación deportiva alguna, o con un “curso rápido” como única preparación. Tampoco se reconoce a la clase de educación física su función propia ni el grado de autonomía que necesita. El interés primordial corresponde a la disciplina y al orden.

El grado en que la escuela da prioridad a la disciplina y a la represión de la pulsión por el movimiento se puede observar con toda claridad en el párrafo de una cartilla escolar que se muestra en la figura 393. La natural pulsión por el movimiento parece ser todavía, para ciertos profesores, un obstáculo en el proceso educativo. En lugar de aprovecharla en la clase de educación física y permitir a los niños una expansión después del largo tiempo de postura sentada, a menudo insoportable, se la refrena de múltiples maneras, sometiéndola al régimen general de disciplina, que goza de gran prestigio, sin mencionar la oportunidad perdida para estimular y entrenar de forma óptima las capacidades coordinativas.

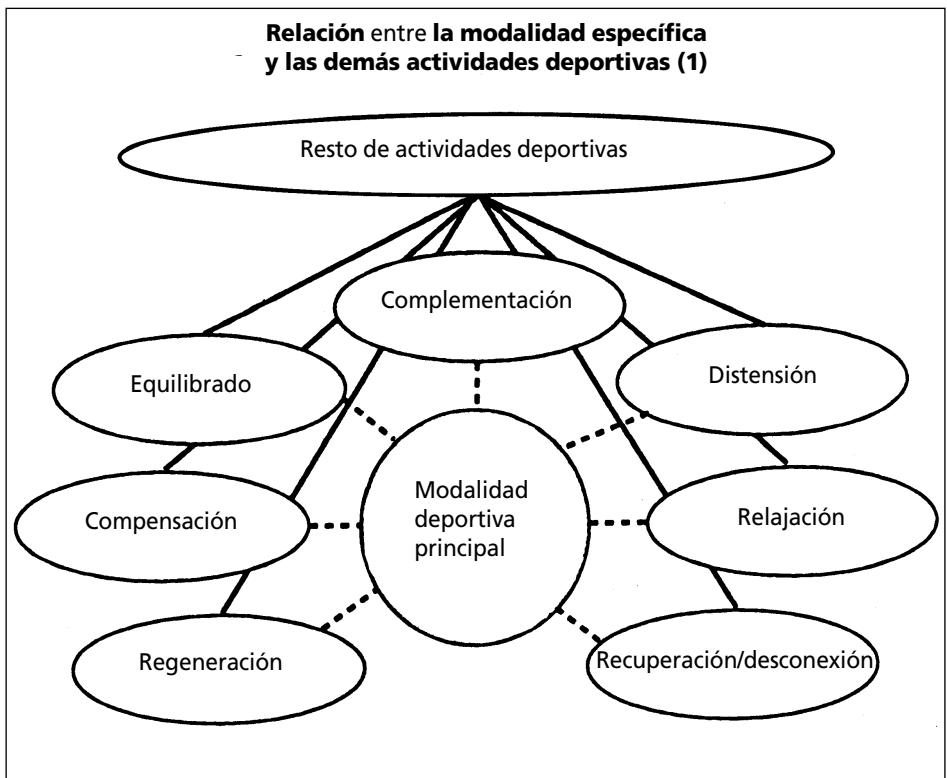


Figura 394. La relación subsidiaria de otras actividades deportivas en relación con la modalidad específica (modificado de Hagedorn, 1992, 51).

Diferentes ideas sobre la multilateralidad en un breve resumen

Hagedorn (1992, 51) resume en tres categorías principales las diferentes ideas vigentes sobre la multilateralidad. Distingue entre:

- Concepto subsidiario
- Concepto estructural
- Concepto prospectivo

• *Concepto subsidiario*

De acuerdo con el concepto subsidiario, la especialidad deportiva tiene una posición central como factor que emotiva la actividad, cuya función es equilibrar en función de las especialidades deportivas específicas (desarrollo unilateral, sobrecarga, errores en la carga de entrenamiento, etc.) (v. fig. 394).

• *Concepto estructural*

En el concepto estructural la tarea de las otras modalidades consiste en estructurar los modelos motores y las experiencias de acción útiles para el modelo estructural de la modalidad específica (v. fig. 395).

• *Concepto prospectivo*

El concepto prospectivo apunta a la formación de la personalidad global del joven deportista, proceso en el que participan la modalidad específica y las demás actividades deportivas (v. fig. 396).

Después de este breve resumen de las diferentes formas de aproximación, intentaremos fundamentar desde varios puntos de vista la necesidad de “multilateralidad” en el en-

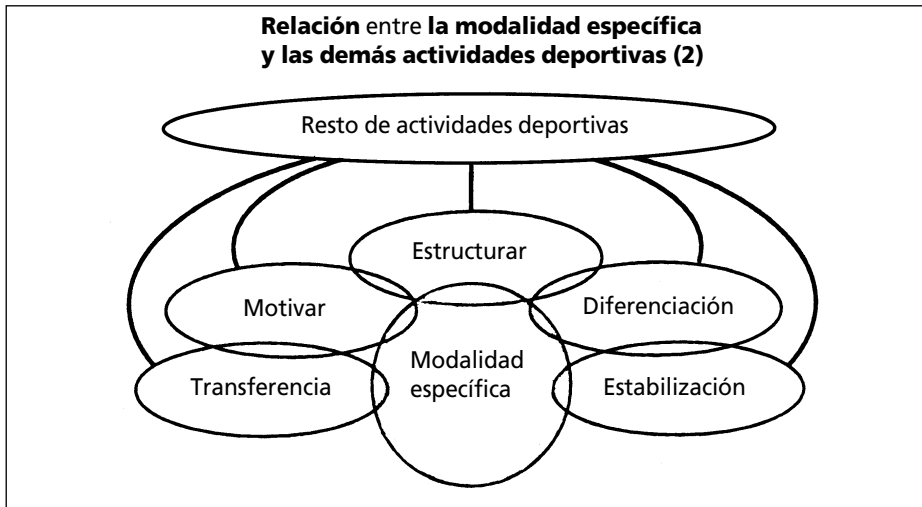


Figura 395. Relación estructural entre otras actividades deportivas y la modalidad específica (modificado de Hagedorn, 1992, 51).

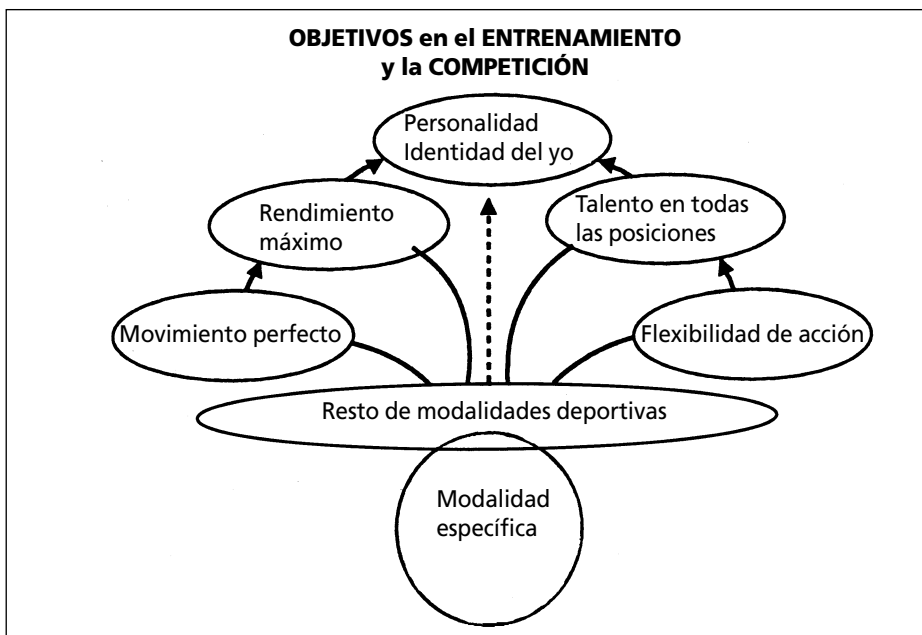


Figura 396. Vinculación entre la modalidad especial, otras actividades deportivas y la perspectiva del objetivo (modificado de Hagedorn, 1992, 52).

trenamiento de niños y jóvenes, con la mayor brevedad posible y sirviéndonos de varios ejemplos.

Necesidad de multilateralidad desde el punto de vista antropológico

El ser humano es, según Nietzsche, un animal “sin fijaciones”, sin la seguridad del instinto. No posee, por tanto, una motricidad hereditaria, sino que la adquiere a través de las correspondientes acciones. Desarrolla un instrumental propio para dominar la vida y el mundo (cf. Hagedorn, 1992, 51).

La unilateralidad en la acción transmite una capacidad de acción limitada en los asuntos humanos. Esta afirmación tiene mayor vigencia en el caso de los niños y jóvenes, que deben aún explorar y experimentar todo su entorno. Un entorno limitado, vivido de forma unilateral, reduce el repertorio de experiencias y comportamientos.

Necesidad de la multilateralidad desde el punto de vista psicológico

Los niños agrupados en la categoría de superdotados, ya sea en el ámbito deportivo, musical o matemático, no sólo muestran, como se puede ver en varios estudios, un cociente de inteligencia más elevado, sino que destacan también por su talento en múltiples campos (cf. Kaminski/Mayer/Ruoff, 1984; Joch, 1992, 302; Hagedorn, 1992, 53; Bastian, 1991).

Según Hagedorn (1992, 53), estos niños disponen de un repertorio léxico superior al promedio, no presentan rastro de enfermedad, muestran un comportamiento social positivo, son conscientes de valores y responsabilidades, carecen de arrogancia, cultivan muchas aficiones y tienen un comportamiento normal en el juego. Con esta apertura frente a su entorno, y con un abanico de intereses múltiples, parecen seguir de forma ideal su destino antropológico.

Una especialización precoz, con su “encauzamiento” (estrechamiento) inmanente, restringe otras posibilidades que en determinadas circunstancias hubieran sido ventajosas para un futuro prometedor (cf. Oerter, 1982, 8).

Así pues, los padres y entrenadores que encauzan de forma precoz a los niños en una modalidad deportiva, privándoles de esta multilateralidad necesaria, actúan con estrechez de miras y con escaso sentido de la responsabilidad.

Necesidad de la multilateralidad desde el punto de vista pedagógico

Desde el punto de vista de la teoría pedagógica nadie es completamente maduro. El ser humano aprende durante

toda su vida, y se le puede comparar, según Hagedorn (1992, 52), a un jugador cuyo partido dura toda la vida: “el que le fija en una tarea, el que le especializa de modo unilateral, actúa contra la naturaleza. Esto vale sobre todo para los niños y jóvenes, que tienen que explorar aún todo su entorno, y cuyo repertorio de experiencias y comportamientos es aún muy limitado”.

La multilateralidad resulta necesaria también desde el punto de vista metodológico-didáctico: dado que los niños no son capaces de concentrarse mucho tiempo sobre una “cosa” y que el entusiasmo por ésta decae rápidamente, en función de la “ganancia de placer” individual (diversión en la cosa), la necesidad de un entrenamiento (clase) ameno y variado resulta evidente.

Necesidad de la multilateralidad desde el punto de vista anatómico-fisiológico

El organismo en crecimiento de niños y jóvenes necesita estímulos múltiples para desarrollar de forma armónica los diferentes sistemas orgánicos como, por ejemplo, el aparato locomotor activo (músculos) y pasivo (huesos, cartílagos, tendones, ligamentos), el sistema cardiovascular, el sistema metabólico y hormonal, el sistema nervioso, etc.

Las cargas unilaterales no pueden satisfacer estas exigencias. Esta tesis quedará confirmada con la ayuda de varios ejemplos.

Multilateralidad y desarrollo de las estructuras del sistema nervioso central

El moldeado extenso de las diferentes estructuras del sistema nervioso central sólo resulta óptimo si los diferentes componentes del encéfalo, los diversos órganos sensoriales, etc., reciben estímulos suficientes para su desarrollo.

La figura 397 muestra que ambas mitades del cerebro presentan áreas funcionales diferentes, que deben valorarse en el sentido de una división del trabajo. No obstante, ambas mitades deberían entrenarse de forma similar mediante el correspondiente ejercicio, con el propósito de armonizar el desarrollo de las estructuras nerviosas centrales.

Como muestran los estudios de Schaefer (1987, 68) y Haug (1986, 86), el número de células nerviosas (neuronas) no cambia –como se pensaba hasta ahora– y lo único que se produce es una atrofia de dichas neuronas por el efecto de la edad. Aquí interesa señalar que esta atrofia sólo afecta las neuronas cuya intensidad de trabajo disminuye con la edad.

En la comparación de las diferentes áreas cerebrales (v. fig. 398) llama la atención que en el proceso de envejecimiento del área 6 –cuyo cometido tiene que ver con la mo-

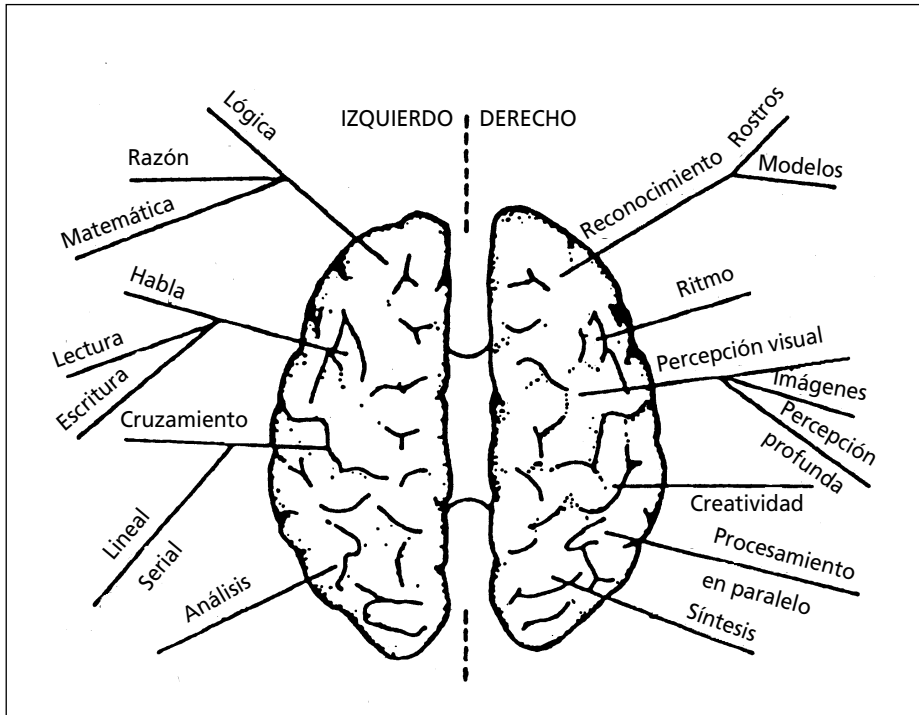


Figura 397. Funciones de los hemisferios cerebrales (de Schwartz, 1988, 78).

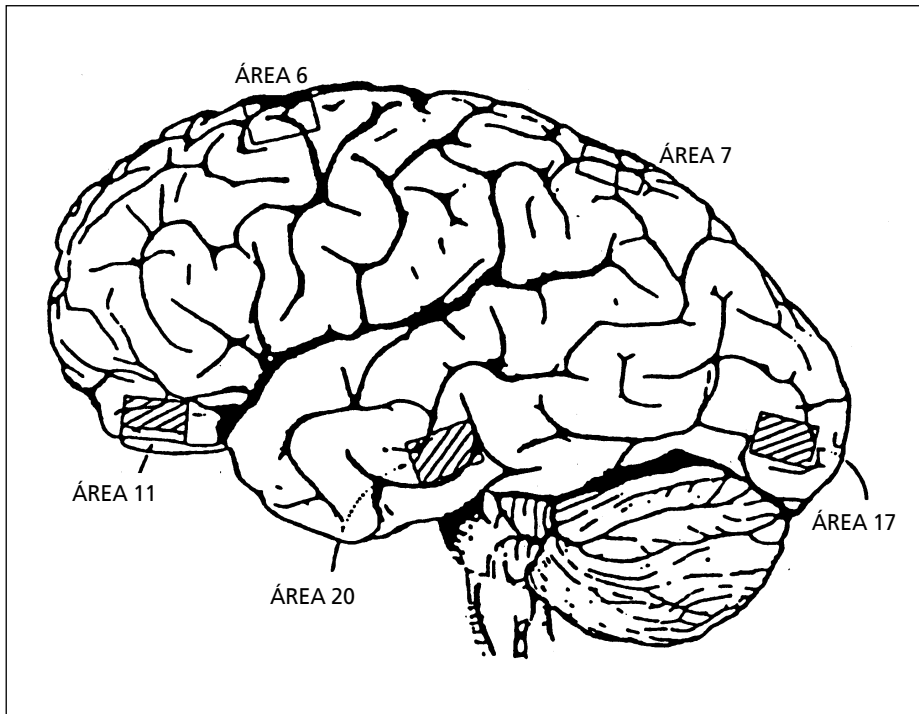


Figura 398. Vista lateral del cerebro humano destacando áreas cerebrales características (de Haug, 1986, 81).

tricidad jerárquicamente superior— se produce una reducción significativa del tamaño de las células (en torno a un 35 %) en un momento muy temprano, entre los 25 y los 40 años de edad. Por el contrario, los cambios de volumen del área 7 (procesamiento sensorial) y 17 (corteza visual) son relativamente escasos (normalmente por debajo del 10 %).

Las causas de estas alteraciones radican en las diferencias de actividad en el transcurso de la vida; los procesos de envejecimiento precoz en la corteza cerebral de motricidad superior se explican por el descenso de la actividad corporal, esto es, por la debilitación del impulso de actividad plena y fatigosa. Por el contrario, el hecho de que las áreas

7 y 17 se mantengan casi sin alteraciones apunta a que el hombre utiliza los órganos de los sentidos de forma continua y con independencia de la edad.

Si transferimos estos datos al desarrollo del cerebro infantil, vemos que aquellos componentes del cerebro que, por causa de una especialización unilateral, no trabajan o no lo hacen en una medida suficiente, no se diferencian ni se desarrollan de una manera óptima. Los experimentos con animales revelan, por ejemplo, que los ratones, ratas, y también caballos y similares, presentan una evolución completamente divergente en función de que su crecimiento haya transcurrido en un entorno unilateral (jaula, establo) o multilateral (vida en libertad y en el medio natural).

De estas premisas podemos deducir que el cerebro sólo se desarrolla de una forma óptima si le llegan estímulos de desarrollo a través de una oferta multilateral.

Multilateralidad y desarrollo del aparato locomotor

Las cargas unilaterales actúan sobre el aparato locomotor de forma unilateral. Podemos verlo con claridad en una “modalidad de una sola mano”: el tenis. Los estudios ortopédicos y los síntomas radiológicos muestran que los deportistas que han iniciado su carrera en el tenis a una edad temprana presentan una inclinación unilateral del hombro y de la pelvis, una diferencia de longitud de las piernas, una escoliosis de arco en C, y por otra parte una mayor mineralización y una musculatura más vigorosa en el lado del brazo que golpea (cf. Jones, 1977, 204; Steinbrück/Sommer, 1981; Sommer, 1984, 157; Mensing, 1991, 45). No es de extrañar el elevado riesgo de lesiones que padecen deportistas entrenados de forma tan unilateral.

Por ello, dos ortopedas de prestigio, Steinbrück/Sommer (1983, 648), que asisten desde hace años a los jóvenes de las selecciones inferiores de la Federación Alemana de Tenis, recomiendan entrenar el lado supuestamente más débil en el tenis para evitar asimetrías corporales y los daños que de ellas se derivan.

Importante. La carrera continua sobre la pista (en atletismo) en el sentido contrario a las agujas del reloj produce ya desequilibrios musculares y por tanto lesiones en el ámbito de la pelvis (cf. Maule, citado en Oberbeck, 1989, 174). El atleta P. Mennea, poseedor de un récord mundial aún vigente, actuaba en consecuencia y entrenaba también corriendo en el sentido de las agujas del reloj para mejorar la fuerza y la longitud de la pierna izquierda (externa).

Como resumen podemos afirmar que:

Los efectos indeseados de las cargas unilaterales sobre el sistema esquelético, principalmente sobre la columna vertebral, obligan desde el punto de vista médico a plantear una formación multilateral y bilateral, sobre todo en la edad del crecimiento.

Tesis que avalan la necesidad de multilateralidad

- El principio de la multilateralidad es, según Lehmann (1993, 42), el principio básico del entrenamiento de niños y jóvenes (entrenamiento de base). Se corresponde con las exigencias de desarrollo del organismo en crecimiento, y su interés consiste en crear fundamentos de rendimiento extensos y multilaterales.
- La multilateralidad es una característica infantil: la pulsión por el movimiento, la curiosidad y la necesidad de actividad amena requieren una oferta de movimientos multilateral.
- La multilateralidad es un principio director importante de la psicología de la motivación y del aprendizaje.
- Una formación multilateral evita los fenómenos de estancamiento, típicos del entrenamiento unilateral, que se reflejan en forma de trazos horizontales en las gráficas de rendimiento (cf. Hirtz, 1985).
- La multilateralidad impide la consolidación de desequilibrios musculares, por lo que a largo plazo ejerce un efecto de profilaxis de las lesiones.
- La pretensión de multilateralidad debe incluir también la de bilateralidad, especialmente en lo relativo al manejo de ambos pies y la lateralidad del giro (Oberbeck, 1989, 174).
- La multilateralidad en el sentido de la bilateralidad tiene una importancia especial en el *ámbito de la táctica*: un jugador que sólo sabe lanzar con una mano o regatear con una pierna será fácilmente previsible para el contrario. La bilateralidad potencia las variantes de juego posibles.
- La multilateralidad en el sentido de la bilateralidad es en muchas modalidades y profesiones indispensable para la capacidad de rendimiento deportivo o profesional: un baloncestista que sólo regatea con una mano, un futbolista que sólo dispara con una pierna muestra rápidamente sus cartas al contrario y recorta sus posibilidades tácticas. Un músico, por ejemplo, un pianista, que sólo pueda tocar con una mano dispondrá de muy poco repertorio; una secretaria que sólo utilice una mano para escribir no podrá ejercer su profesión por falta de velocidad en el teclado.

- La multilateralidad, en el sentido de bilateralidad, se necesita en muchas modalidades de una sola mano o una sola pierna como compensación de la sobrecarga unilateral del aparato locomotor activo y pasivo. Un lanzador que, en el ámbito de alto rendimiento, realiza en el entrenamiento entre 20.000 y 30.000 lanzamientos en todo el año, cargando la columna vertebral siempre con la misma extensión de giro del tronco, provoca a largo plazo síntomas de desgaste. La realización con el lado contrario puede ser una medida profiláctica eficaz.
- El entrenamiento con ambos lados es posible y necesario en todas las modalidades. Los rendimientos con ambas manos de pianistas, mecanógrafos, virtuosos del regate con ambas manos en baloncesto, titiriteros, etc., muestran que el perfeccionamiento de la extremidad menos dominada puede alcanzar un nivel que los “unilaterales” creerían imposible.
- Dada la gran variedad de capacidades coordinativas, el rendimiento coordinativo sólo resulta posible con un aprendizaje multilateral, según el principio ya mencionado de Hirtz (1985): “multilateral, rico en variantes, inhabitual”.

Tesis contra una especialización precoz

- Una especialización precoz provoca una carencia de reservas en el potencial de fuerza psicofísico y un aprovechamiento incompleto de las posibilidades de desarrollo genéticamente determinadas (cf. Feige, 1978, 134).
- Una especialización precoz no satisface las necesidades a largo plazo del desarrollo de niños y jóvenes, limitando las reservas de adaptación para alcanzar los futuros rendimientos de elite (cf. Lehmann, 1993, 42).
- Una especialización precoz sólo puede ser resultado de la ambición de padres y entrenadores, que desean éxitos de rendimiento rápidos, pero no son conscientes de sus consecuencias negativas o no las quieren reconocer (cf. Lehmann, 1993, 42).
- Muchos estudios muestran que con una especialización precoz el porcentaje de abandonos de la actividad deportiva aumenta extraordinariamente, llegando a alcanzar porcentajes del 80 % (cf. Witt, 1970, 596; Feige, 1978, 87; Andresen/Kröger, 1987, 69; Joch, 1992, 163, y otros).
- La especialización temprana “quema” e impide una consolidación constante del rendimiento (Witt, 1970, 596).

No obstante, la multilateralidad puede implicar también ciertos *inconvenientes*:

- La multilateralidad supone para el deportista el riesgo de la superficialidad, de acuerdo con el proverbio de “quien mucho abarca poco aprieta”.
- Los niños multilaterales se caracterizan a menudo por unas dotes de comprensión rápida y una capacidad de rendimiento superior a la del promedio, pero suelen tener también dificultades para concentrarse, no siempre persiguen sus objetivos con tenacidad y tienden a unas oscilaciones evidentes en su rendimiento (cf. Hotz, 1986, 102).

Finalmente, hemos de considerar también que:

- La pretensión de multilateralidad en la formación de niños no debe impedir una especialización orientada hacia el deporte de rendimiento, sino que la primera es condición necesaria para la segunda.
- La multilateralidad en general es una base indispensable para una posterior especialización. La unidad de lo general y lo especial se considera una regularidad importante en el sentido de la tesis de Matveiev (1981, 67): “La pretensión de unificar armónicamente la multilateralidad y la especialización profunda no es una contradicción formal o lógica, sino la dialéctica interna real del proceso del desarrollo.”
- “La multilateralidad es un requisito previo para el éxito, sobre todo en las modalidades técnicas y compositivas ... Los rendimientos específicos crecen de forma orgánica a partir de un desarrollo de la multilateralidad motora y necesitan un fundamento motor amplio” (Lehmann, 1980, 75).
- “Cuanto más amplio es este *fundamento*, mayor libertad tenemos en cuanto a las posibilidades de combinación, lo cual es un factor decisivo para la creatividad” (Hotz, 1986, 100).

El fenómeno de la lateralidad

El fenómeno de la lateralidad no sólo se refiere al uso de las manos, sino también, como muestra la figura 399, a una serie de partes del cuerpo dispuestas en pares simétricos.

La figura 399 muestra la existencia de una lateralidad funcional y una morfológica.

La lateralidad *funcional* se refiere, como su nombre indica, a la función de una parte del cuerpo en relación con la preferencia de su uso o el predominio de su rendimiento.

La lateralidad *morfológica* se refiere al aspecto externo de la parte del cuerpo en cuestión. El brazo dominante lla-

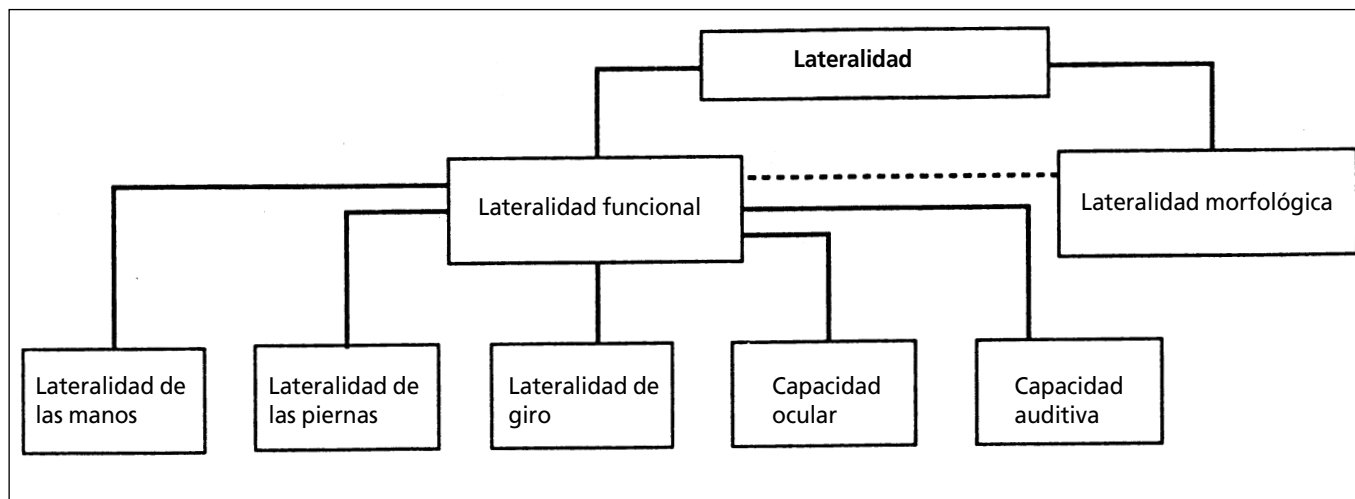


Figura 399. Tipos de lateralidad (de Fetz, 1989, 164).

ma la atención sobre todo por el mayor grosor y firmeza de sus huesos y por la mayor fuerza de su musculatura.

Acerca de la etiología de la lateralidad las opiniones son aún divergentes en la actualidad (v. los resúmenes de Oberbeck, 1989, 15-18; Späth, 1989, 31-33; Büttner, 1990, 20-48). Los diferentes intentos de explicación se pueden clasificar dentro de dos tesis principales:

- Lateralidad como factor condicionado genéticamente
- Lateralidad como factor condicionado por el entorno

Ninguna de estas tesis puede explicar la lateralidad de forma exclusiva y libre de contradicciones.

Pese a que muchos argumentos hablan a favor de la condición genética de la lateralidad, existen otros argumentos decisivos en contra.

Si la lateralidad –y sobre todo el uso preferente de una mano– tuviera un origen genético, los gemelos univitelinos tendrían que presentar un grado de coincidencia mayor que los mellizos. No obstante, éste no es el caso, pues el uso de las manos es diferente en un 20-25 % de los gemelos univitelinos (cf. Rigal, 1985, 465; Springer/Deutsch, 1987, 89). El hecho de que los gemelos univitelinos no se parezcan más que los mellizos en cuanto al uso de las manos se considera una test en contra del origen genético de dicho uso preferente (cf. Springer/Deutsch, 1987, 90).

Pero tampoco la teoría del influjo del entorno –que considera la lateralidad como un resultado de la costumbre, la tradición, la educación, la maduración y el aprendizaje – puede pretender exclusividad, pues si aceptamos la fuerte presión social en el sentido del uso de la mano derecha, no se explica la existencia de una minoría que, sobre todo en la fase de máxima ductilidad, resiste dicha presión

con todas sus fuerzas (de Schenk, citado en Schilling, 1979, 36).

Lado	Uso preferente de la mano (brazo de lanzamiento)	Uso preferente de la pierna (pierna de disparo)
Diestros	91 %	76 %
Zurdos	6 %	8 %
Ambidextros	3 %	16 %

Tabla 66. Frecuencia porcentual de la preferencia lateral del brazo de lanzamiento y de la pierna de disparo (de Wasmund, 1976, 38)

En términos globales podemos aceptar que en la lateralidad confluyen tanto factores genéticos como factores ambientales (cf. Ullmann, 1974, 288).

De entre los distintos tipos de lateralidad, en el ámbito del deporte interesan sobre todo la lateralidad preferente de las manos, de las piernas (pies) y la lateralidad de giro.

Lateralidad preferente de las manos/piernas

La tabla 66 muestra la distribución porcentual de diestros y zurdos con la mano y con el pie.

La lateralidad preferente de una mano desempeña un papel de cierta importancia en el deporte, y ello por motivos diferentes. La desviación respecto de la norma –esto es, la condición de zurdo– se considera en muchos casos especialmente ventajosa.



Fischer (1988, 116) explica el alto porcentaje de tenistas, luchadores y boxeadores zurdos en la elite mundial con el argumento de las ventajas tácticas y el efecto de la sorpresa. Bisiacchi (1985, 512) considera una ventaja específica la reacción más rápida de los zurdos ante situaciones de sorpresa. El hecho lo explica en términos anatómo-fisiológicos, argumentando que el control de los movimientos reactivos tiene lugar en el hemisferio cerebral derecho, esto es, en el mismo lado del área cortical motora del brazo izquierdo. Como la instancia de control se encuentra en el mismo hemisferio cerebral que la mano izquierda encargada de la reacción, el cambio hacia el otro lado –como ocurre al reaccionar con la mano derecha– resulta innecesario y se pueden ahorrar unas 4 milésimas de segundo en el tiempo de reacción. Por este motivo, en su opinión, eran zurdos todos los participantes en los cuartos de final de los Campeonatos Mundiales de Lucha celebrados en Clermont-Ferrand en 1981.

No obstante, en el ámbito deportivo la condición de ambidextro resulta particularmente deseable, y el proceso del entrenamiento la favorece actualmente en todas las modalidades de mano y de pie.

Un entrenamiento bilateral puede contribuir al éxito de forma decisiva en los grandes juegos de equipo, en las modalidades de lucha y en los juegos de devolución. Esto se explica, por una parte, por el efecto de sorpresa derivado de un cambio súbito de la mano o el pie de juego; asimismo, la capacidad para efectuar movimientos difíciles con ambos lados amplía la competencia de acción del deportista. En este sentido podemos mencionar algunos ejemplos extraídos de la práctica deportiva:

Los movimientos de un central en balonmano capaz de lanzar con ambas manos son mucho más difíciles de evaluar. Un boxeador habilitado para luchar manteniendo la guardia con ambos brazos puede aniquilar los argumentos tácticos de su rival, y un jugador de voleibol capaz de efectuar el mate con el brazo izquierdo y con el derecho es

muy poco previsible para el equipo rival (cf. Büttner 1990, 89). También se puede hablar del futbolista en términos comparables.

Pese a los intentos de aproximarse a la bilateralidad en el deporte, es lógico plantearse la necesidad y el aprovechamiento de una mano dominante.

Un cambio de la lateralidad –p. ej., el cambio de la mano con que se escribe– nunca debería ser obligado, pues se pueden originar trastornos psicofísicos y una sensación de inseguridad.

La existencia de una mano dominante tiene sentido porque la adquisición de un nivel motor caracterizado por la reacción de tipo reflejo ante las más variadas exigencias pertenece a la economía del comportamiento y de la acción humana. Si no existe predominio de uno de los lados, el tiempo de reflexión sobre el lado mejor capacitado para resolver la tarea podría generar retrasos (cf. Oberbeck, 1989, 173). Son evidentes las consecuencias de dichos retrasos en el sentido de la profilaxis de lesiones o accidentes, pero también en el sentido de obtener rendimiento; pensemos en la necesidad de reacción “fulminante” cuando surgen ocasiones de anotar en las modalidades de juego.

Por este motivo se debería favorecer, en los primeros años de vida, la aparición de un predominio lateral funcional mediante los correspondientes ejercicios de habilidad y de coordinación. En la posterior formación básica se debería intentar, según Oberbeck (1989, 173), que el grado de asentamiento de la lateralidad se mantenga en el menor nivel posible, conservando, por tanto, una diferencia lateral escasa.

La mejora de ambos lados resulta preferible frente a una educación unilateral iniciada en un momento precoz (Oberbeck, 1989, 173).

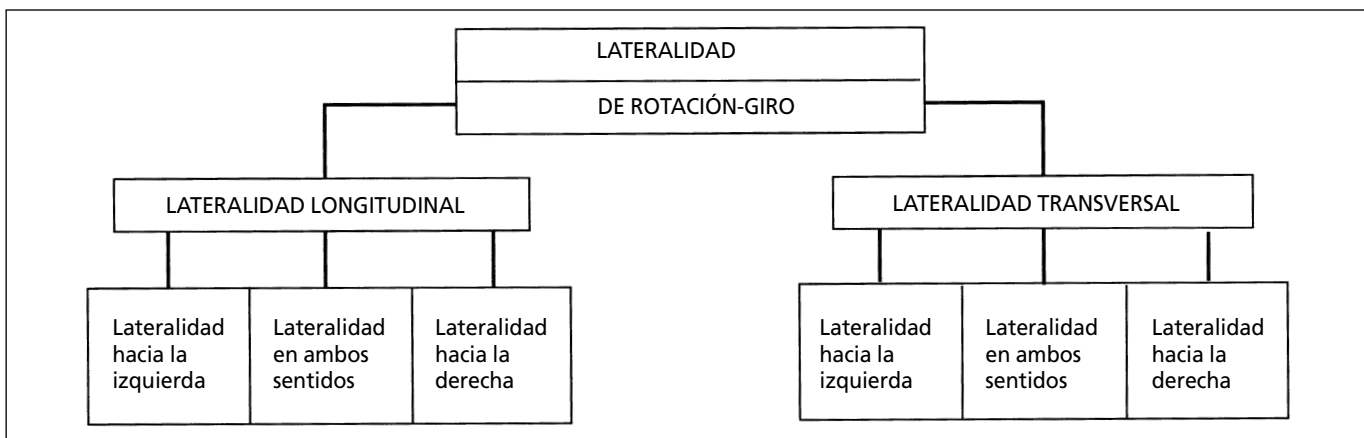


Figura 400. Tipos de lateralidad (de Fetz, 1989, 173).

Sujeto del test	Lateralidad hacia la izquierda		Lateralidad en ambos sentidos		Lateralidad hacia la derecha	
	Abs.	Rel. (%)	Abs.	Rel. (%)	Abs.	Rel. (%)
Estudiantes de educación física	57	57,6	1	1	41	41,4
Esquiadores (esquí de velocidad)	20	44	18	40	7	16

Tabla 67. La agilidad dependiendo de diferentes niveles de capacidades sobre el ejemplo del esquí alpino (de Fetz, 1989, 177)

Lateralidad de giro

Además del uso preferente de las manos/piernas, la *lateralidad de giro-rotación* desempeña también un papel importante para la capacidad de rendimiento deportivo. La *lateralidad de giro* se puede subdividir en lateralidad longitudinal y lateralidad transversal (cf. Fetz, 1989, 173/174). La *lateralidad longitudinal* se refiere a la preferencia de direcciones de giro en torno al eje longitudinal del cuerpo (ejemplo: pirueta en patinaje artístico sobre hielo), *lateralidad transversal* a la preferencia de una dirección en giros en torno al eje de fondo del cuerpo (ejemplo: hacer la rueda en el ejercicio de gimnasia en suelo) (cf. fig. 400).

El 75 % de todos los patinadores sobre hielo y sobre ruedas prefieren la dirección de giro hacia la izquierda y la pierna izquierda como pierna de salto o de pirueta. En los ejercicios por parejas predominan las parejas del mismo sentido, que pueden ejecutar sus saltos en paralelo (cf. Oberbeck, 1989, 137). Según los estudios de Oberbeck (1989, 47), la preferencia hacia la izquierda se sitúa en una relación de un 70 % frente a un 30 %, presentando las mujeres un porcentaje de giro hacia la derecha superior en un 15 %.

Tipo	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>Lateralidad</i>								
Preferencia de mano	D	D	D	D	I	I	I	I
Preferencia de pie	D	D	I	I	I	I	D	D
Lateralidad de giro-rotación	D	I	I	D	I	D	D	I

Tabla 68. Asociaciones entre los diferentes tipos de lateralidad (de Oberbeck, 1989, 54)

D = derecha; I = izquierda. En consecuencia, el tipo de lateralidad DDD es diestro de mano y pie, y de giro hacia la derecha.

Diversos estudios de Wilke/Fuchs (1969, 1 s.), efectuados en el ámbito de la gimnasia, muestran que la preferencia de un lado de giro está en correlación con una escasa capacidad de excitación del aparato vestibular, situado en el oído interno, importante para el mantenimiento del equilibrio. En el entrenamiento deportivo se deberían trabajar ambos tipos de lateralidad de giro en ambas direcciones. Como muestra la tabla 67, en modalidades que requieren una lateralidad de giro a ambos lados, un proceso de entrenamiento bilateral produce cambios considerables, en el sentido de una mejora de la competencia en cuanto a la agilidad a ambos lados.

El fenómeno de la tipología de la lateralidad

Además de los diferentes tipos de lateralidad existen también complejos de lateralidad típicos.

En sus estudios sobre la tipología de la lateralidad, Oberbeck (1989, 54) distingue ocho “tipos de complejo de lateralidad”, teniendo en cuenta los tres factores de predominio de una mano, predominio de un pie y lateralidad de giro (v. tabla 68).

La tipología de la lateralidad no es igual para todos los niveles de rendimiento ni para todas las modalidades (v. fig. 401).

Importante. Con la mejora del nivel de rendimiento y el acceso a la competición aumenta el porcentaje de tipos de lateralidad que se corresponden con el modelo de técnica típico e ideal de la modalidad o disciplina (Oberbeck, 1989, 172).

El hecho de que once de doce campeones olímpicos mundiales y europeos de decatlón pertenezcan a los tipos C (DII) o G (IDD) significa que esta modalidad está dominada en la elite absoluta por saltadores zurdos (cf. Oberbeck, 1989, 172).

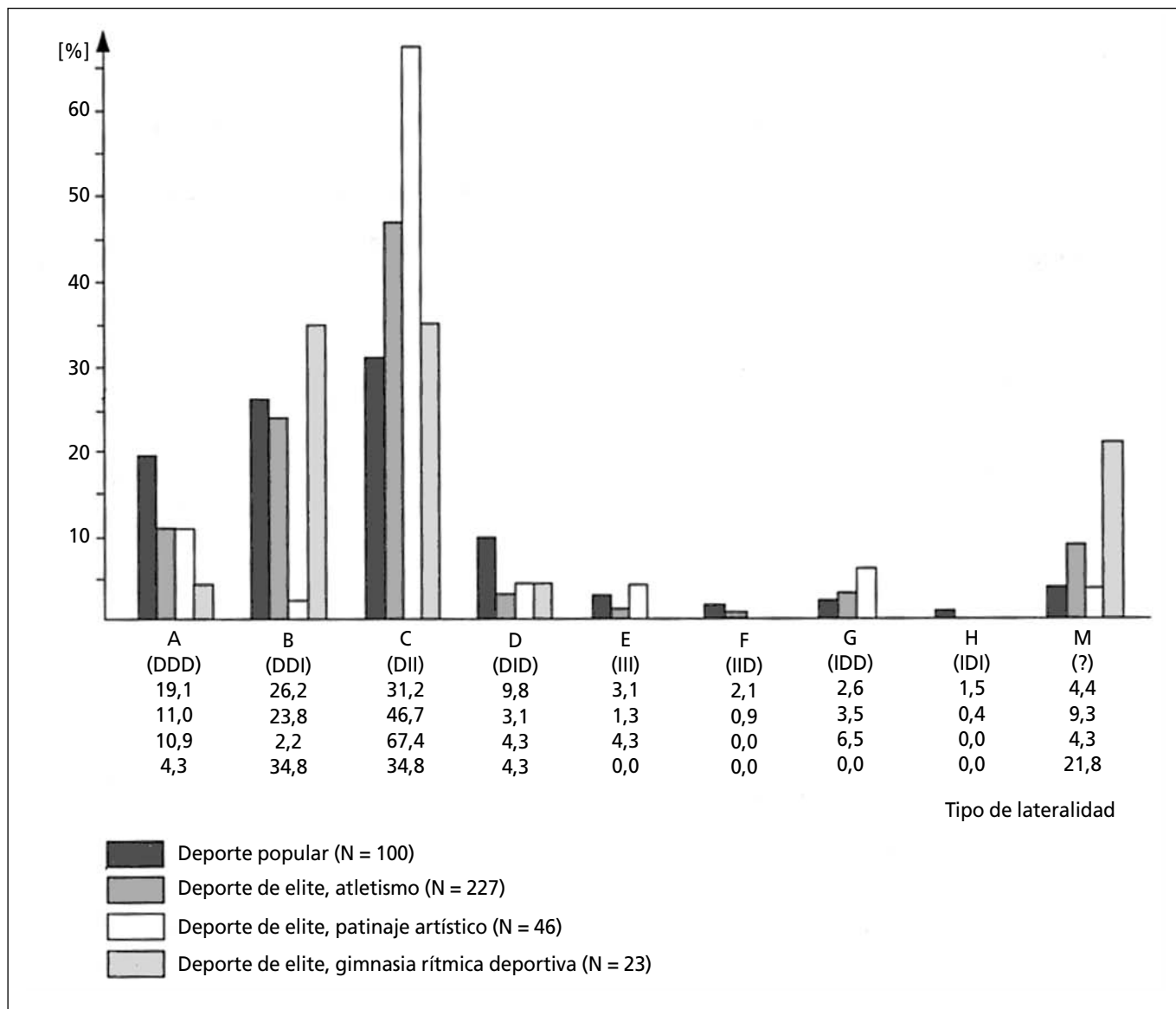


Figura 401. Tipos de lateralidad en el deporte popular y de elite (%) (de Oberbeck, 1989, 171).

Dado que las acciones motoras en el deporte están determinadas básicamente por el empleo de brazos y piernas y por los giros del cuerpo, no es de extrañar que la tipología de la lateralidad influya decisivamente sobre la ejecución y la adquisición de determinados movimientos. Ejemplo: muchos atletas saltan en altura con la pierna izquierda (por la preferencia de giro hacia la izquierda), pero en longitud lo hacen con la pierna derecha.

Atención. No existe lateralidad general independiente de una tarea específica (Oberbeck, 1989, 55).

Tipología de lateralidad y proceso de aprendizaje motor

Una tipología de lateralidad determinada puede originar en ocasiones problemas de aprendizaje. Así, según los estudios de Oberbeck (1989, 63), el saltador de pértiga del tipo A (DDD) tendrá en algunos momentos dificultades para dominar este movimiento, pues la disciplina exige al atleta diestro un salto con la pierna izquierda y un giro hacia la izquierda en el momento del apoyo enrollante. Los problemas de aprendizaje deberían, por tanto, examinarse y abordarse también desde el punto de vista de la tipología de la lateralidad.

La transferencia contralateral

Como muestra la figura 402, podemos distinguir entre una transferencia simétrica del lado contrario (contralateral), una del mismo lado (homolateral), una contralateral asimétrica, en diagonal y una de los antagonistas (cf. Kuhn, 1987, 24).

En las direcciones de transferencia señaladas en la figura 402 el efecto más fuerte se encuentra desde la mano y el pie dominantes hacia la mano o el pie contrarios (transferencia contralateral).

El segundo efecto mayor es la transferencia del mismo lado (homolateral), por ejemplo, desde la mano derecha hacia el pie derecho (cf. también Cook, 1933, 699; Pöhlmann, 1986, 196).

El efecto más reducido es el producido en la transferencia asimétrica en diagonal (cf. Cook, 1933, 699; Kuhn, 1987, 92).

Interesa reseñar el hecho de que la transferencia desde la mano izquierda no dominante hacia el lado derecho, dominante, es mayor que en sentido inverso (cf. Fetz, 1980, 194).

Entre todos los tipos de transferencia, la contralateral desempeña el papel más importante en la actividad deportiva, por lo cual será objeto de exposición detallada en los párrafos siguientes.

Los hallazgos neurofisiológicos indican que la transferencia contralateral discurre de forma más o menos automática. La extensión de dicha transferencia depende de una serie de condiciones internas (capacidades de las que parte un aprendiz) y externas del aprendizaje (totalidad de las posibilidades de regulación del proceso del aprendizaje) (cf. Kuhn, 1986, 24).

Ejemplo de condición interna del aprendizaje: las transferencias son relativamente intensas en un nivel de rendimiento bajo (cf. Pöhlmann, 1986, 196).

Ejemplo de condición externa del aprendizaje: los efectos de transferencia dependen, entre otros factores, de la duración del ejercicio y de los intervalos de pausa. Con unos intervalos de pausa prolongados, los valores de transferencia son mayores que con unos intervalos breves (p. ej., 20 minutos en comparación con 20 segundos) (cf. Ammons, 1958, 157 s.).

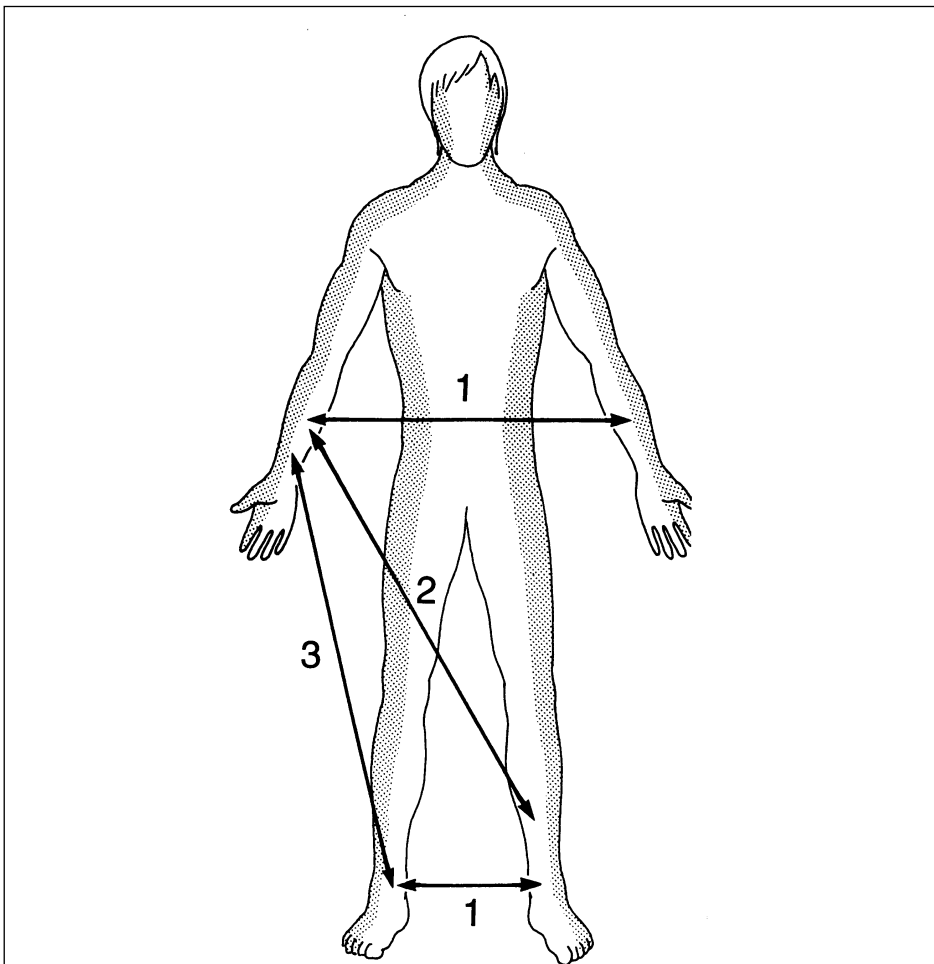


Figura 402. Diferentes direcciones de transferencia (modificado de Kuhn, 1987, 24).

Importante. La motivación desempeña un papel decisivo en todos los efectos de transferencia: cuanto mayor es la motivación, más elevado es el rendimiento de transferencia (cf. Egger, 1975, 66).

Transferencia lateral y formas principales de trabajo motor

Transferencia en el ámbito coordinativo

Un buen número de estudios muestra, en el ámbito de las capacidades coordinativas, hallazgos positivos de transferencia tanto en movimientos *de poco espacio* –p. ej., en lanzamiento de dardos o en *tracking* (arrastre de líneas)– como en movimientos *de mucho espacio* –p. ej., lanzamiento de mazas, pelotas y pesos– (cf. Drenkow, 1960, 826, y 1961, 41, 137 y 1084; Rohmert/Preising, 1968, 52; Hettinger, 1972, 87; Nagel, 1983, 5; Fischer, 1979, 64, y 1988; Goebel y cols., 1983, 66, entre otros).

La importancia de la transferencia contralateral se puede constatar con la simple observación de la vida cotidiana. Ejemplo: las personas diestras pueden también escribir con la mano izquierda, aunque nunca lo hayan practicado con anterioridad (v. fig. 403). Desde el punto de vista epistemológico, estos rendimientos de transferencia, que van más allá de la transferencia contralateral anteriormente descrita, se explican por la llamada teoría del esquema de Schmidt (1988, 240 s.). Dicha teoría sostiene que los esquemas de movimientos constituyen programas motores generalizados para una categoría entera de movimientos. Un programa motor generalizado se compone de elementos invariables (invariantes, como, p. ej., la sucesión de elementos, estructura temporal relativa,

empleo de fuerza relativo) y de parámetros modificables del programa (p. ej., duración total del movimiento, empleo de fuerza total, músculos participantes, etc.). El estilo de escritura mostrado en la figura 403 –que dentro de la teoría del esquema correspondería a las invariantes– es el mismo en todos los intentos. No obstante, aparecían diferencias en los parámetros modificables del programa: la velocidad de ejecución varía dependiendo de la parte del cuerpo utilizada.

Un esquema de movimiento ya formado, generalizado, puede ejecutarse tanto con la mano izquierda como con la derecha. Desde el punto de vista anatómico-fisiológico, la estructura subyacente es la vía piramidal cruzada, representada en la figura 404. Permite un intercambio de información entre los dos hemisferios cerebrales a través del cuerpo caloso, que, con un total de entre 200 y 300 millones de trayectos neuronales, constituye la unión entre los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo (cf. Woolridge, 1967, 42).

Desde el punto de vista de la mejora de la capacidad de rendimiento coordinativo, los estudios más importantes sobre la transferencia para el ámbito deportivo son los efectuados por Munn (1932, 243) –autor que ya en 1932 había constatado la mejora simultánea producida por el lanzamiento de un balón con una mano sobre la habilidad de lanzamiento de la otra mano– y sobre todo por Drenkow (1960 y 1961, sobre el ejemplo de un entrenamiento de lanzamiento de mazas), Fischer (1979, 64, y 1988, 147, sobre el ejemplo del lanzamiento de dardos y de pelotas), Nagel (1983, 5, sobre el ejemplo del lanzamiento de pesos), Silberschmidt (1986, 79, sobre el ejemplo del tenis de mesa) y Stadler/Bucher (1986, 75, sobre el ejemplo del tenis).

A Able was I ere I saw Elba

B Able was I ere I saw Elba

C Able was I ere I saw Elba

D Able was I ere I saw Elba

E Able was I ere I saw Elba

Figura 403. Efectos de transferencia en la escritura con diferentes partes del cuerpo (de Raibert, citado en Schmidt, 1988, 241).

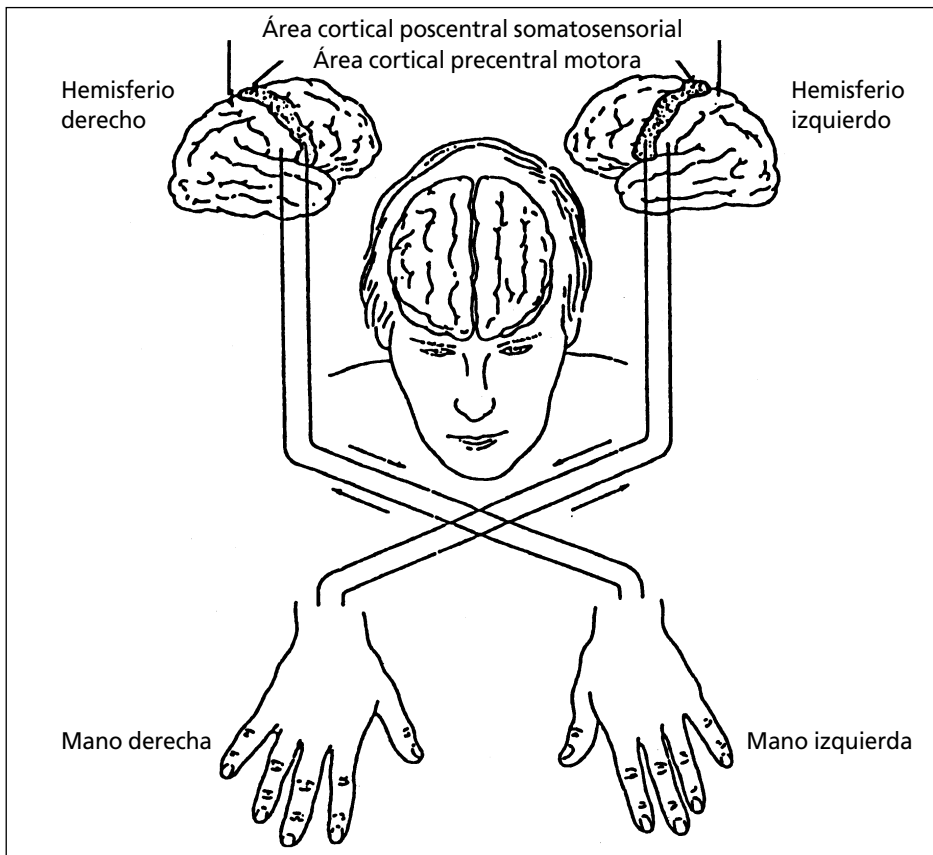


Figura 404. Vinculación de las manos con el hemisferio cerebral opuesto (de Springer, 1987, 2).

De estos trabajos se deducen diversas ventajas del entrenamiento bilateral, dignas de ser tomadas en consideración durante el proceso del entrenamiento motor en una medida mucho mayor de lo que viene siendo habitual.

Las ventajas de la transferencia contralateral (TCL) pueden resumirse de la siguiente forma:

• **TCL y velocidad/eficacia del aprendizaje**

El ejercicio bilateral produce éxitos rápidos en el aprendizaje y es por tanto más eficaz (Kuhn, 1987, 112).

Las transferencias derecha-izquierda/izquierda-derecha son relativamente elevadas, sobre todo en un nivel de rendimiento bajo (Pöhlmann, 1986, 196).

• **TCL y calidad del movimiento**

El ejercicio bilateral no sólo acelera el proceso de aprendizaje, sino que mejora al mismo tiempo la calidad del movimiento (Drenkow, 1961, 141).

En este sentido hemos de tener en cuenta que un orden secuencial relativamente masificado (p. ej., derecha, derecha, derecha, derecha... izquierda, izquierda, izquierda, izquierda) resulta más favorable que una alternancia constante (cf. Kuhn, 1987, 112).

• **TCL y representación del movimiento**

La transferencia contralateral mediante ejercicio bilateral contribuye a diferenciar el pensamiento psicomotor y a crear una representación consciente y estructurada del movimiento, facilitando así el aprendizaje motor (Hotz, 1986, 27).

En deportistas que han trabajado durante años con una técnica errónea ocurre con cierta frecuencia que la única posibilidad de reaprendizaje pasa a través de la mano contraria, “no cargada” (cf. Muster, 1986, 234; v. también *infra*, pág. 530).

• **TCL y sensación cinestésica**

Cuando la nitidez de la sensación se duplica en la mitad izquierda del cuerpo por la aplicación de ejercicio local, la nitidez de la sensación en el lado derecho experimenta en los puntos principales correspondientes, ubicados simétricamente, una duplicación simultánea sin intervención local de ningún tipo (Volkman, 1958, 63).

• **TCL y formas principales de trabajo motor**

Los efectos de transferencia no sólo se producen en el ámbito coordinativo sino también, de una forma más o menos acentuada, en las cualidades de condición física: fuerza, resistencia y velocidad (v. *infra*).

- *TCL y recuperación*

A través del llamado “fenómeno de Setchenov” –se trata de un ejercicio con la mano contraria– se produce una descarga más rápida de la fatiga en la mano de rendimiento propiamente dicha (v. *infra*).

- *TCL y rehabilitación*

En la práctica deportiva, el efecto contralateral no sólo interesa para mejorar la capacidad de rendimiento deportivo, sino también, en caso de lesiones, para impedir una pérdida de fuerza demasiado acentuada. Como muestran los estudios de Christ/Rohrbach (1978, citado en Fischer, 1988, 121), con un entrenamiento del lado no lesionado se puede impedir una atrofia por inactividad del lado lesionado (cf. también Simkin, 1960, 135; Kuhn, 1987, 15).

- *TCL y capacidad de rendimiento táctico*

El ejercicio bilateral amplía la competencia de acción táctica del jugador (Fischer, 1988, 116).

Un jugador bilateral es menos previsible y sorprende con mayor facilidad (v. también pág. 524).

Efectos de la transferencia en el ámbito de la condición física

Transferencia en el ámbito de la fuerza

Las capacidades de fuerza –p. ej., fuerza máxima o resistencia de la fuerza– pueden transferirse desde los músculos que trabajan a los músculos simétricos que no trabajan. Como muestran los estudios de Walters/Stewart/Leclaire (1960, 131) y Yasuda/Miyamura (1983, 321), la transferencia se encuentra en relación de dependencia con la intensidad: cuanto mayor es la tensión muscular, tanto más acentuada es la transferencia (cf. también Thépaut-Mathieu, 1993, 20).

Interesa señalar que los efectos de transferencia contralateral de la fuerza pueden aparecer también en los antagonistas: si durante un trabajo rítmico de los flexores del brazo derecho se tensa la musculatura de extensión del brazo izquierdo, la fuerza del brazo derecho aumenta en un 39-42 % (cf. Adam/Verjoyanski, 1972, 74).

Transferencia en los ámbitos de la velocidad y de la resistencia

Los pocos estudios realizados en estos ámbitos permiten observar la tendencia a efectos de transferencia positivos; no obstante, estamos aún a la espera de una clarificación definitiva (cf. Kuhn, 1987, 29).

Regeneración acelerada a través del llamado fenómeno de Setchenov

El fisiólogo ruso Setchenov (1829-1905) descubrió a principios del siglo XX las regularidades de la regenera-

ción acelerada mediante medidas de recuperación activa después de la fatiga generada por un trabajo (citado en Nariakashvili, 195, 53).

Este síntoma, conocido como fenómeno de Setchenov, tiene el siguiente fundamento fisiológico (cita de Nagel, 1983, 6):

“Si se ejercita, por ejemplo, el brazo derecho, después de un cierto tiempo se entra en una fase de fatiga en los correspondientes centros motores del cerebro; se produce una inhibición protectora que pone en marcha el proceso de regeneración celular. Durante un descanso pasivo este “potencial de inhibición reactiva” se degrada y se dispersa de forma progresiva; en cambio, si se continúa el trabajo con el brazo izquierdo se produce igualmente una excitación debido a los impulsos aferentes que llegan a los centros nerviosos del brazo izquierdo (esto es, en el hemisferio derecho), y dicha excitación consolida a su vez una inhibición protectora. Sin embargo, debido a la colaboración funcional de ambos hemisferios, estos procesos no quedan limitados al hemisferio cerebral correspondiente, sino que irradian hacia el otro lado, de forma que se origina una superposición, una sumación de ambos potenciales de inhibición. Por su intensidad, una inhibición reforzada de este modo produce, según estudios empíricos, una aceleración del proceso de regeneración.”

Mejora de la sensación motora cinestésica mediante el “aprendizaje de contraste”

Los movimientos corporales producen sensaciones cinestésicas. Los movimientos poco habituales (p. ej., lanzamiento con el brazo “débil”) provocan sensaciones cinestésicas especialmente intensas (Drenkow, 1961, 47). La realización bilateral obliga a repensar el movimiento, lo que incrementa la nitidez de la representación motora. La aparición de una sensación de contraste claramente perceptible entre la ejecución fluida del movimiento con el brazo favorecido y el movimiento “torpe” con el lado “débil” despierta los mecanismos motores automatizados. Esto es válido también para los errores automatizados. El mayor grado de atención necesario para aprender el movimiento en el otro lado permite corregir los errores ya pulidos (Spille, 1959, 50; Fischer, 1988, 196). Aquí se abren posibilidades de corregir errores inexplorados hasta la fecha por la metodología del entrenamiento habitual y capaces de optimizar el proceso de entrenamiento, pues el reaprendizaje de movimientos erróneos es notoriamente más laborioso que el aprendizaje de movimientos nuevos (cf. Büttner, 1990, 86; v. pág. 511).

A modo de resumen podemos insistir en la necesidad de efectuar un entrenamiento bilateral en el deporte escolar y de club, sobre todo en la edad infantil y en un nivel de rendimiento bajo. La recomendación se ha de tomar en el sen-

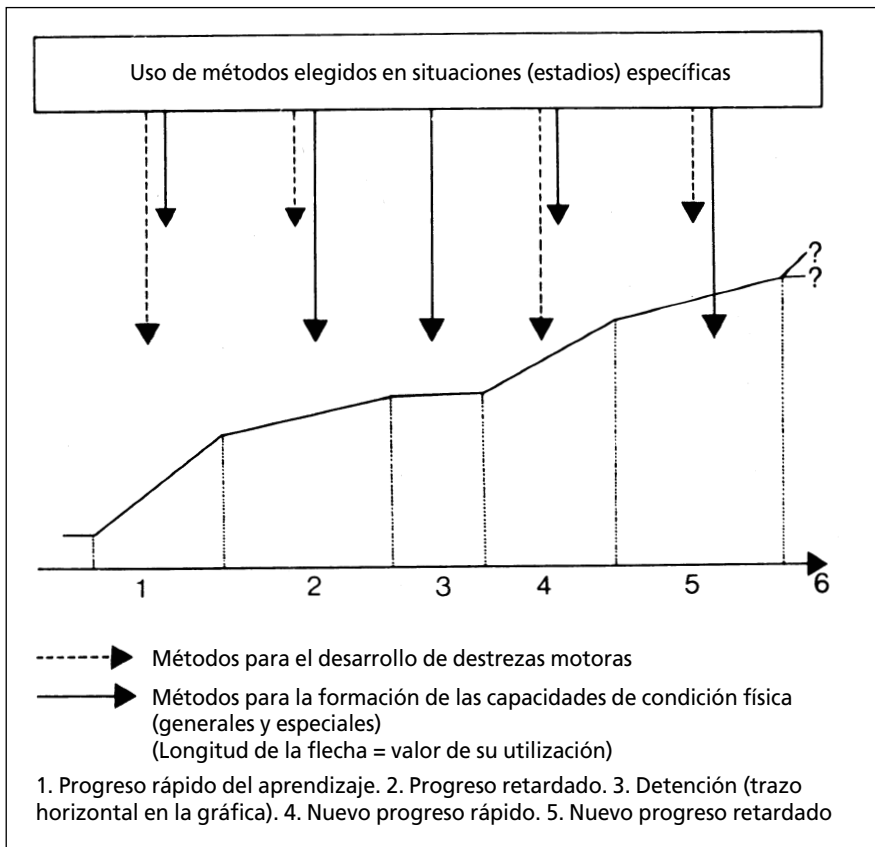


Figura 405. Influencia de los diferentes métodos sobre el proceso de aprendizaje de la técnica (según Tschiené, 1976, 1490).

tido de optimizar el rendimiento, de prevenir lesiones a largo plazo y de evitar desequilibrios musculares. Finalmente, este tipo de entrenamiento favorece también una formación global armónica a partir de un entrenamiento unilateral, pues la especialización, en el caso extremo, produce algunos efectos secundarios indeseados para el proceso educativo de niños y jóvenes.

El problema del estancamiento en el desarrollo de la técnica

En el proceso de entrenamiento de la técnica a largo plazo se pueden observar, en todos los niveles de capacidad, períodos de *estancamiento* o de *trazo horizontal* de la gráfica (cf. Ter-Ovanesian, 1971, 4ª ed., 3; Tschiené 1976, 1490). La figura 405 muestra el recorrido discontinuo del desarrollo de la técnica, así como las medidas selectivas para influir sobre dicho desarrollo.

Causas de los períodos de estancamiento y posibilidades para su superación

Saturación informativa del aprendizaje

En períodos de trabajo intensivo de la técnica y con presión de tiempo se puede producir el fenómeno de la

“regresión sensomotora”. Siguiendo a Ungerer (1970, 94), atribuimos la causa del colapso *súbito* de la estructura motora a una exigencia excesiva generada por la información verbal. Medida contraria: limitación de las informaciones verbales y pausas suficientes para su procesamiento.

Exigencias de aprendizaje excesivas por fatiga

El entrenamiento intensivo de la técnica asociado a un alto grado de fatiga física puede dar lugar al fenómeno de la “regresión motora por fatiga”.

La causa fisiológica de la regresión motora por fatiga, que produce una degradación de la estructura motora, parece consistir, según Schmidtke (citado en Ungerer, 1970, 110), en el desplazamiento de los umbrales de excitación de las fibras contráctiles durante la carga. La obtención del mismo rendimiento exigiría impulsos voluntarios cada vez más intensos, lo que tendría como consecuencia una fatiga cada vez más acentuada de los centros correspondientes y un descenso de la capacidad sensomotora de aprendizaje y de control. De esta manera se iría pasando de un escalón a otro del aprendizaje, dejando incompletas las diferentes formas de movimiento, y preparando el camino para la caída sistemática del rendimiento: los síntomas correspondientes son pequeños cambios de las figuras y carencias masivas en la ejecución del movimiento.

Medida contraria a esta forma de regresión *progresiva*: control meticuloso de su desarrollo, que permita reconocerla a su debido tiempo.

Carencias de información

El progreso del aprendizaje de la técnica puede retrasarse debido a representaciones motoras erróneas: las correcciones e indicaciones acerca de los movimientos no se pueden aprovechar porque no se comprenden.

Medida contraria: controles de la comprensión, encuestas y similares.

Carencias de motivación

Los cambios de la actitud interna, una atención insuficiente y ciertas alteraciones anímicas intensas pueden dar lugar a esta “regresión motivacional”, que influye también negativamente sobre el proceso de aprendizaje de la técnica (cf. Ter-Ovanesian, 1971, 4ª ed., 3; Ungerer, 1970, 95). Medida contraria: capacidad de empatía suficiente por parte del educador.

Carencias de condición física

Las capacidades físicas, como soportes de la estructura dinámica de la técnica, están sometidas a unas regularidades distintas en comparación con los procesos de aprendizaje puramente sensoriomotores (necesitan períodos de desarrollo más prolongados); por este motivo puede darse una discrepancia entre las capacidades técnicas y la capacidad de rendimiento físico, que tendría un efecto desfavorable sobre el proceso de aprendizaje de la técnica. Medida contraria: mejora general y específica de los componentes deficitarios del rendimiento.

Control y tests

Para evaluar la técnica con mayor precisión interesa encontrar criterios, para ella y para su estructura dinámica, que permitan objetivar el nivel técnico (v. pág. 502). En este sentido los criterios importantes son, según Djackov (1973, 16), la eficacia de los elementos clave en la cadena cinemática, la fiabilidad y exactitud de los movimientos, así como la automatización y la estabilidad de las destrezas motoras frente a los influjos desfavorables, tanto internos como externos. Como el hombre no es capaz de percibir más de unas 16 “imágenes” aisladas por segundo, ni siquiera los observadores ejercitados –en el ámbito del deporte, el entrenador– reconocen determinados parámetros

motores con exactitud, sino que deducen las causas de éstos sobre la base de los conocimientos disponibles (Harre, 1976, 194). La objetivación con la ayuda de grabadoras de vídeo, película, etc., y los tests específicos de la técnica resultan necesarios para obtener datos suficientemente precisos acerca del desarrollo de la técnica.

Si comprobamos que la técnica corresponde al “tipo ideal” motor y coincide con las capacidades individuales del deportista, el desarrollo de la técnica motora deberá proseguir más desde el punto de vista de los criterios “cuantitativos” (p. ej., fuerza, velocidad, etc.). En cambio, si la técnica no corresponde al “tipo ideal” motor y se aparta en mayor o menor medida de las posibilidades individuales del deportista, el desarrollo deberá enfocarse hacia criterios “cualitativos” (mejora de la secuencia motora, etc.) (v. Djackov, 1973, 8).

En este sentido, la información retroactiva de control y su procesamiento desempeñan un papel especialmente importante para el deportista, pues permiten mejorar el funcionamiento del aparato regulador y adaptarlo a las condiciones modificadas. Un deportista que no reconoce sus errores técnicos y no recibe información sobre ellos no puede mejorar su técnica.

Como resumen se puede decir que el trabajo de la técnica es básicamente un proceso de desarrollo continuo, basado en las capacidades y habilidades motoras. Un grado óptimo de rendimiento individual sólo se alcanza si todos los componentes psicofísicos experimentan su correspondiente desarrollo.

Entrenamiento de la técnica en el proceso a largo plazo. Periodización

Para el entrenamiento de la técnica en el proceso a largo plazo son válidos los criterios expuestos al tratar del “entrenamiento de las capacidades coordinativas” (v. pág. 492). El aprendizaje de la técnica ocupa un lugar de preferencia en el entrenamiento de niños y jóvenes. No obstante, la técnica se continúa optimizando durante toda la vida, sobre la base de las capacidades y habilidades técnicas ya adquiridas.

En el ciclo anual, el entrenamiento de la técnica dura todo el año, si bien se acentúa un mes aproximadamente antes del período de competición (contenido principal de las pretemporadas 2ª y 3ª).

Principios metodológicos básicos sobre el entrenamiento de la técnica

- Una técnica específica exige medidas de entrenamiento específicas.
- Una técnica específica tiene que ir precedida de una preparación específica en términos de condición física, por ejemplo, fortalecimiento suficiente de los extensores de la espalda y de las piernas para aprender la técnica de O'Brien en lanzamiento de peso.
- La enseñanza de la técnica debe preceder a la enseñanza de los movimientos más difíciles con el fin de evitar excesivas dificultades en el aprendizaje de dichos movimientos (cf. Hotz/Weineck, 1983, 44).
- Dado que la identificación de los detalles del movimiento es importante para aprender o perfeccionar una técnica deportiva, la capacidad de observación y los conocimientos sobre la técnica deben incluirse en el proceso del entrenamiento.
- La velocidad del proceso de aprendizaje de la técnica depende del repertorio de experiencias motoras (disponibilidad de programas parciales), esto es, un entrenamiento previo de las técnicas fundamentales facilita el proceso de aprendizaje.
- La necesidad de correcciones precisas del movimiento requiere el uso de procedimientos de control objetivos (grabadoras de vídeo, película, etc.).
- Una participación demasiado temprana en competición, con una técnica aún no suficientemente estabilizada, puede influir negativamente sobre el desarrollo de ésta: en determinadas circunstancias, el estrés de la competición puede pulir estructuras motoras erróneas.
- El proceso de aprendizaje de la técnica debería tener lugar sin interrupciones prolongadas entre las sesiones de entrenamiento, pues de no ser así disminuye la eficacia del entrenamiento.
- El entrenamiento técnico debería efectuarse en estado de recuperación; el número de repeticiones de los ejercicios tiene que adaptarse a las condiciones físicas y a la capacidad de concentración: un SNC fatigado no permite una coordinación óptima.
- La destreza técnica depende constantemente del nivel de los factores físicos del rendimiento y de sus oscilaciones y cambios en relación con los macrociclos y microciclos (cf. Marhold, 1978, 691). Los cambios en las condiciones físicas producen, por tanto, cambios en el sistema motor.

Entrenamiento de la técnica en las edades infantil y juvenil

El entrenamiento de las *capacidades coordinativas* toca muchos puntos del *entrenamiento de la técnica* y es condición inmediata de este último; por tanto, expondremos aquí únicamente, y de forma breve y complementaria, algunas particularidades del entrenamiento de la técnica en las edades infantil y juvenil.

Entrenamiento de la técnica en la edad preescolar

En esta etapa se trata sobre todo de aprender un gran número de habilidades motoras, y menos de hacerse con técnicas específicas. El repertorio de movimientos se consolida más por imitación y experiencia que por reflexión. La prueba de que un aprendizaje de este tipo produce resultados considerables nos la ofrecen los niños de las zonas de montaña: a la edad de entre 4 y 6 años adquieren unas habilidades técnicas sorprendentes en esquí alpino.

Entrenamiento de la técnica en la edad infantil temprana

Conviene seguir aprovechando el buen nivel de rendimiento motor para ampliar el repertorio y la experiencia de movimientos. En algunas modalidades que plantean exigencias técnicas elevadas (p. ej., patinaje artístico, gimnasia), o que aprovechan unas condiciones corporales especialmente favorables (p. ej., natación), se inicia ya en esta etapa el entrenamiento de principiantes, dentro del proceso a largo plazo enfocado al deporte de alto rendimiento. Así pues, en la edad escolar temprana se puede practicar un entrenamiento de técnica apropiado para los niños, pero ya de carácter selectivo, sobre la base de una formación general multilateral.

Entrenamiento de la técnica en la edad escolar tardía

Esta edad, la mejor para el aprendizaje motor (v. pág. 494), es especialmente apropiada para una formación básica general de la técnica.

No obstante, la denominación de “mejor edad para el aprendizaje” no implica que en ella se puedan entrenar ya secuencias motoras, series de movimientos y procesos de regulación complicados, tal como se entrenan en momentos posteriores (cf. Ungerer, 1970, 72; Tschiene, 1976, 180).

Para la edad preescolar y las dos etapas escolares, el método de aprendizaje idóneo es el de “demostración-imitación” o *método de imitación*. Schmitt lo explica de forma inequívoca:

“Quien observe a los niños comprobará continuamente la forma en que imitan a sus padres, hermanos y otras personas con las que viven y a las que aprecian.”

La observación durante años, acompañada de grabaciones en vídeo, de nuestros propios hijos confirma la cita de Schmitt de manera convincente. Los niños lo aprenden casi todo imitando a “modelos”, no a través de flujos verbales prolongados sobre biomecánica u otras causas.

¿Quién no ha experimentado el asombroso fenómeno del “aprendizaje *a primera vista*” mediante *imitación*? Las repeticiones a cámara lenta en la televisión reflejan sorprendentes rendimientos de aprendizaje. Los niños siguen estos movimientos a cámara lenta con tal atención y tal participación interior –en el sentido del “efecto de Carpenter” (v. pág. 559)– que terminan por ponerse en pie y dominar al instante y perfectamente la técnica o el movimiento que se les ha mostrado.

No obstante, todo niño imita movimientos, modelos, con la facilidad posible en cada momento. Se absorben sobre todos los elementos que se corresponden con el estado de desarrollo momentáneo y con las facultades, y que por tanto constituyen lo “esencial” para el niño. Por ello carece de sentido reñir a un niño porque ha imitado perfectamente partes aparentemente superfluas de un movimiento –p. ej., la preparación de la carrera en salto de altura o la del servicio en tenis– y, en cambio, ha descuidado u omitido partes “esenciales” para los adultos, por ejemplo el salto de altura o el golpeo de la pelota al sacar; en el momento de la “función” el niño se limita a hacer lo que sabe y a pasar por alto lo que no domina. No obstante, este aprendizaje parcial es extraordinariamente importante, pues internaliza ya aspectos parciales de un movimiento complicado; al progresar el desarrollo de la técnica, las piezas que faltan se irán añadiendo casi necesariamente, en el sentido de la “teoría de la piedra del mosaico”.

Entrenamiento de la técnica en la pubescencia

En las edades infantil y juvenil el dominio de las técnicas deportivas que exigen un alto grado de coordinación tropieza a menudo con el rápido crecimiento longitudinal de las extremidades y del tronco (v. Ter-Ovanesian 1971,

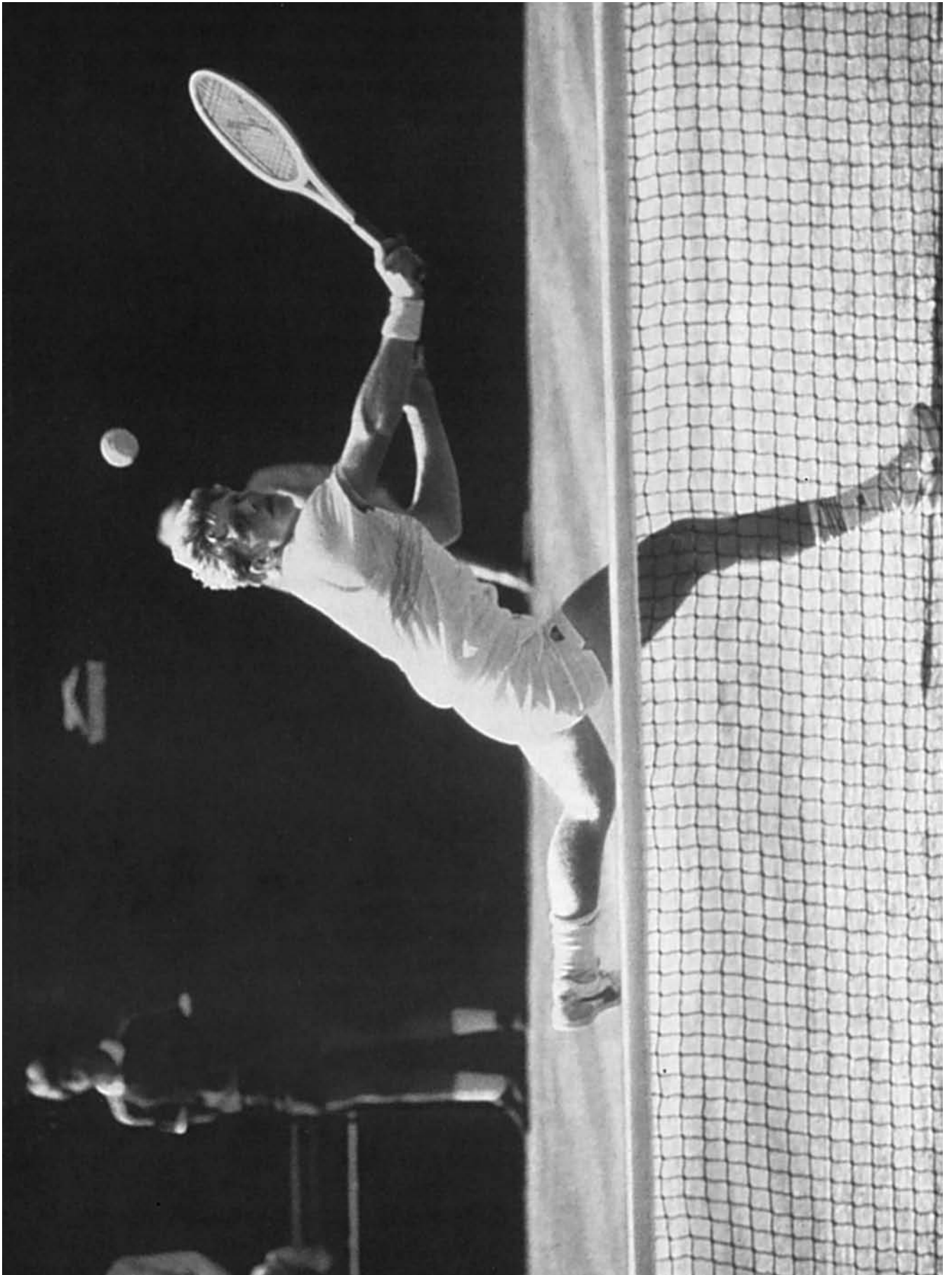
4ª ed., 3). Ello ocurre sobre todo en la etapa de la pubescencia. Así pues, en dicha etapa se recomienda consolidar técnicas sabidas más que elaborar técnicas nuevas, pues estas últimas podrían desbordar las capacidades de los jóvenes. En cambio, el fenómeno no suele aparecer en jóvenes que han recorrido un proceso de entrenamiento de varios años de duración; el proceso de entrenamiento de la técnica no experimenta la caída del rendimiento técnico-coordinativo que a menudo se observa en alumnos ajenos a la práctica deportiva.

Entrenamiento de la técnica en la adolescencia

Se puede enseñar técnicas con dificultades coordinativas elevadas y máximas, que normalmente se aprenden con velocidad debido al desarrollo de las capacidades de observación y a las buenas condiciones de la coordinación.

Principios metodológicos básicos

- En el proceso de entrenamiento a largo plazo, el trabajo de la técnica en el ámbito de principiantes tiene tanto más valor cuanto mayores son los rendimientos deportivos planteados y conseguidos.
- La enseñanza y el desarrollo de la técnica deportiva deberían ocupar, en el entrenamiento de principiantes, el 60-70 % del tiempo de trabajo.
- El aprendizaje de la forma gruesa de la técnica deportiva con elementos de la forma fina es importante para la participación temprana en la competición (motivación).
- La formación técnica tiene que desarrollarse dentro de un proceso unitario con la consolidación de los demás factores relevantes para el rendimiento.
- El proceso de formación técnica exige, al trabajar con niños, una marcada sistematización, con un reparto de los objetivos parciales en las diferentes etapas (p. ej., “distinción de técnico” reconociendo un nivel de calidad).
- La mejora cualitativa en la formación de la técnica deportiva requiere un refuerzo de los contenidos intelectuales (cf. Thiess/Gropler 1978, 199/200).



18 Entrenamiento de la táctica deportiva

Definición

Por táctica entendemos el comportamiento planificado en una competición individual o de equipo y enfocado a la capacidad de rendimiento propia y del contrario y a las circunstancias exteriores (v. Zech, 1971, 494).

Tipos de táctica deportiva

También en este ámbito distinguimos entre una táctica *general* y una táctica *específica*.

La táctica *general* se refiere a las reglas y regularidades generales del comportamiento táctico, mientras que la táctica *específica* es propia de la modalidad y necesita su correspondiente entrenamiento.

Componentes de la táctica deportiva

La figura 406 nos resume los componentes de la estructura de la acción táctica. Un comportamiento óptimo en competición necesita una actitud táctica óptima por parte del deportista. No obstante, un esquema táctico sólo es aplicable con el fundamento de su correspondiente *base técnica*, las *condiciones físicas necesarias* y unas *capacidades psíquico-volitivas e intelectuales* adecuadas. ¿Cómo poner en práctica la orden táctica de “juego directo” si no se dispone de las capacidades técnicas necesarias? ¿Qué sentido tendría la indicación de “marcaje individual” si el contrario nos supera en todos los terrenos que tienen que ver con la velocidad y la resistencia? Finalmente, ¿cómo obtendremos cooperación en el juego de equipo cuando el compañero es incapaz de comprender o de trasladar a hechos las situaciones de competición dadas, o cuando pierde cada lance de uno contra uno por carencias en la entrega o en la disposición al rendimiento?

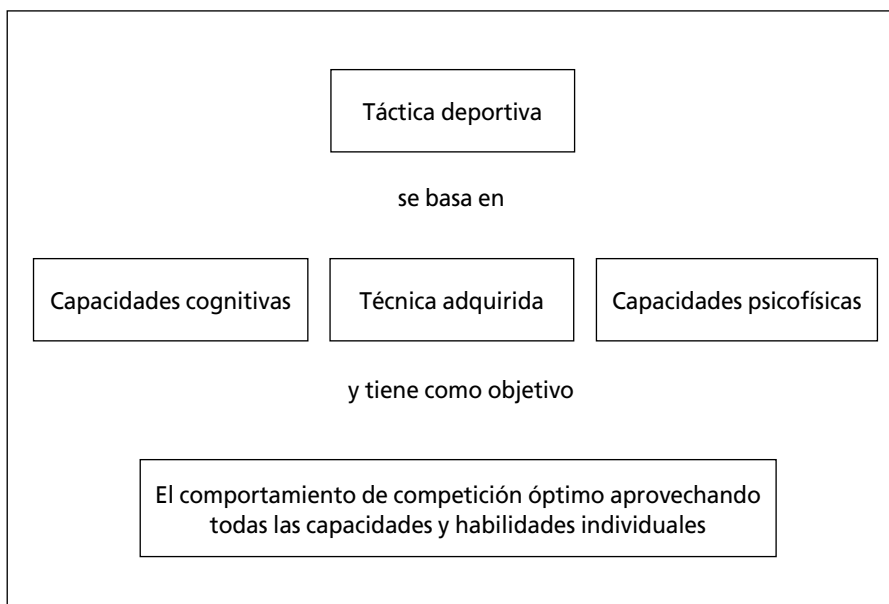


Figura 406. Componentes de la estructura de la acción táctica.

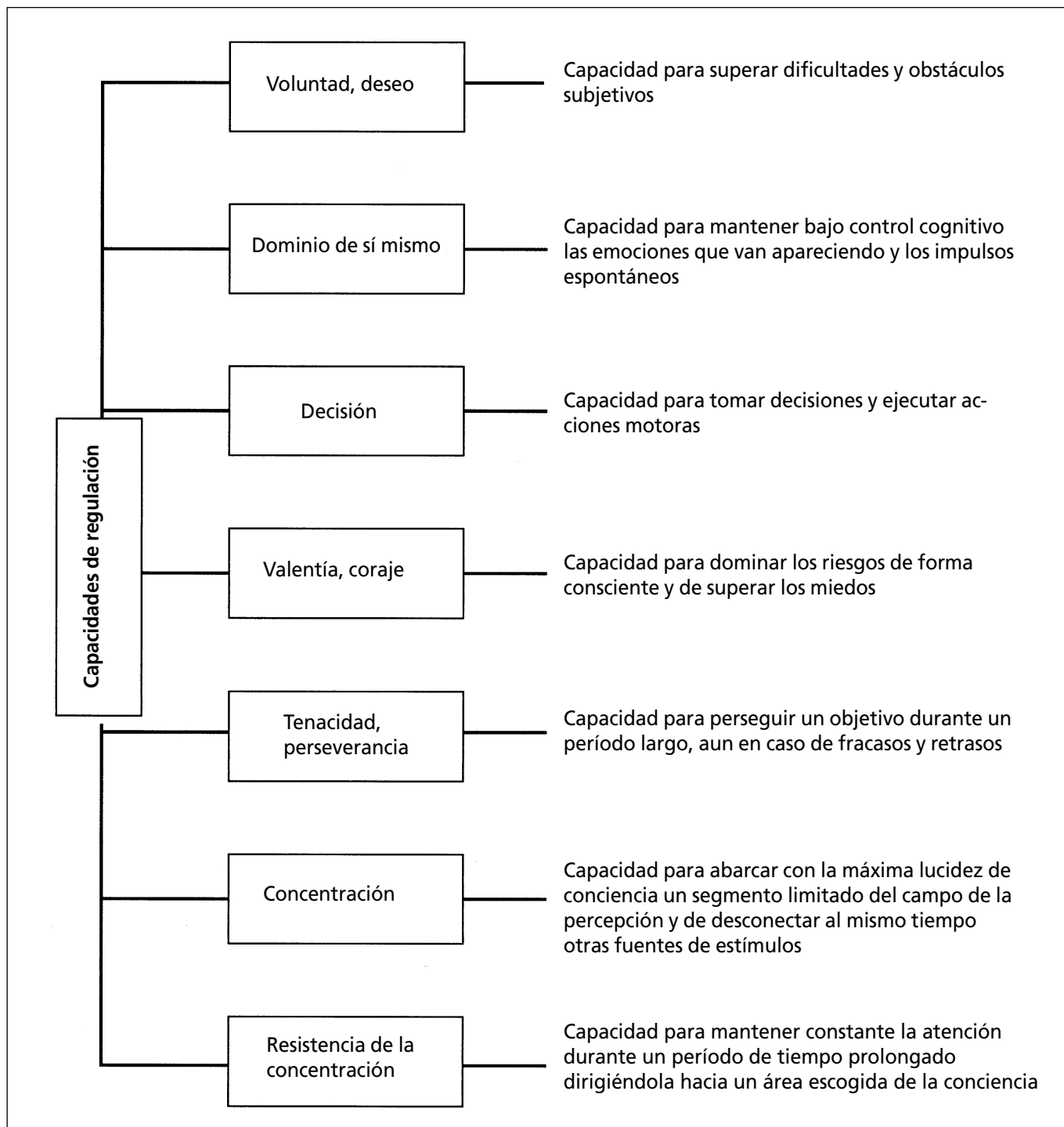


Figura 407. Diferentes capacidades de regulación (de Baumann, 1986, 138).

En este contexto, Sonnenschein (1987, 13) comenta acertadamente:

“En muchas ocasiones se pasa por alto el hecho de que los rendimientos deportivos están asociados también a procesos cognitivos, emocionales y volitivos que deben optimizarse, de igual modo que las condiciones físicas, con la intención de mejorar el rendimiento.”

Las capacidades psíquicas y cognitivo-tácticas abarcan un sistema de impulsos y regulaciones complejo y escasamente separable en sus componentes; su grado de asentamiento influye marcadamente sobre la calidad de los rendimientos deportivos.

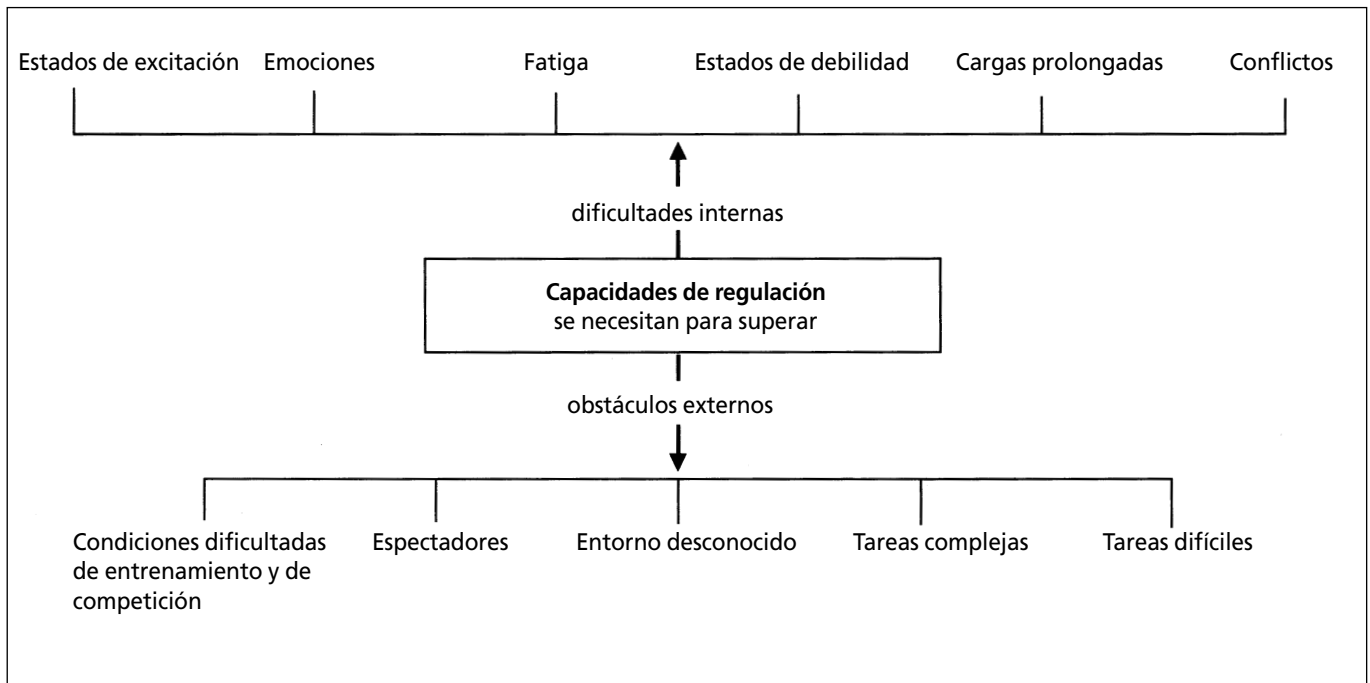


Figura 408. Tareas de las capacidades reguladoras (de Baumann, 1986, 137).

Para conservar los mecanismos internos de impulsos y de regulación necesitamos las llamadas capacidades de regulación (v. fig. 407).

Las capacidad de regulación reflejadas en la figura 407 sirven para dominar obstáculos internos y externos (v. fig. 408) y determinan, por tanto, en una medida considerable la capacidad de rendimiento deportivo.

Importancia de la táctica deportiva

La táctica desempeña en las diferentes modalidades un papel variable en cuanto a su tipología y a su importancia específica. En la figura 409 se clasifican las particularidades de las acciones tácticas en los diferentes grupos de modalidades.

En el primer grupo, el pensamiento táctico se orienta exclusivamente hacia la ejecución óptima de las secuencias motoras en el momento dado. En el segundo grupo, el enfoque se dirige al empleo correcto de las fuerzas, a su correcta economización. Finalmente, en el tercer grupo, el pensamiento táctico abarca la regulación de la competición en condiciones conflictivas y en situaciones de cambio constante.

Esta clasificación muestra que la formación táctica interesa sobre todo en el tercer grupo. En cambio, en los otros dos grupos basta con unos conocimientos elementales y generales sobre táctica.

Organización y conducción de la competición deportiva

Harre (1976, 198) clasifica el comportamiento táctico en las categorías de *organización* y *conducción* de la competición deportiva.

Por *organización* de la competición deportiva entiende este autor todas las medidas adoptadas *antes de la competición* que permiten disputar la lucha deportiva en condiciones óptimas.

La figura 410 resume la complejidad de la génesis de una decisión de acción.

Si quiere optimizar una acción, el entrenamiento táctico tiene que tener en cuenta los componentes que influyen sobre la decisión a favor de dicha acción.

Tareas de la formación táctica

La formación táctica es un componente integrador del proceso del entrenamiento y se encuentra en estrecha relación con las capacidades técnicas y psicológicas. El problema táctico, dejando al margen los principios generales de un conocimiento básico, sólo se puede enseñar desde el punto de vista específico de la modalidad. La formación táctica se puede dividir en un trabajo teórico y otro práctico.

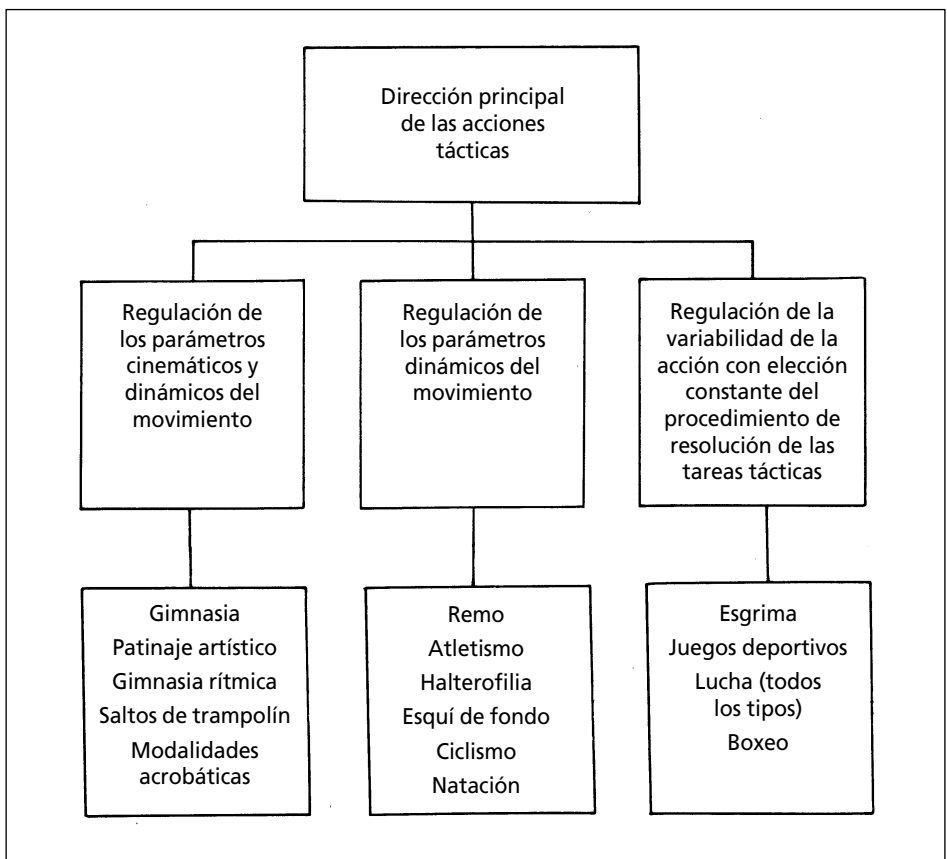


Figura 409. Direcciones principales de las acciones tácticas en los diferentes grupos de modalidades (de Ivoilov, 1973, 127).

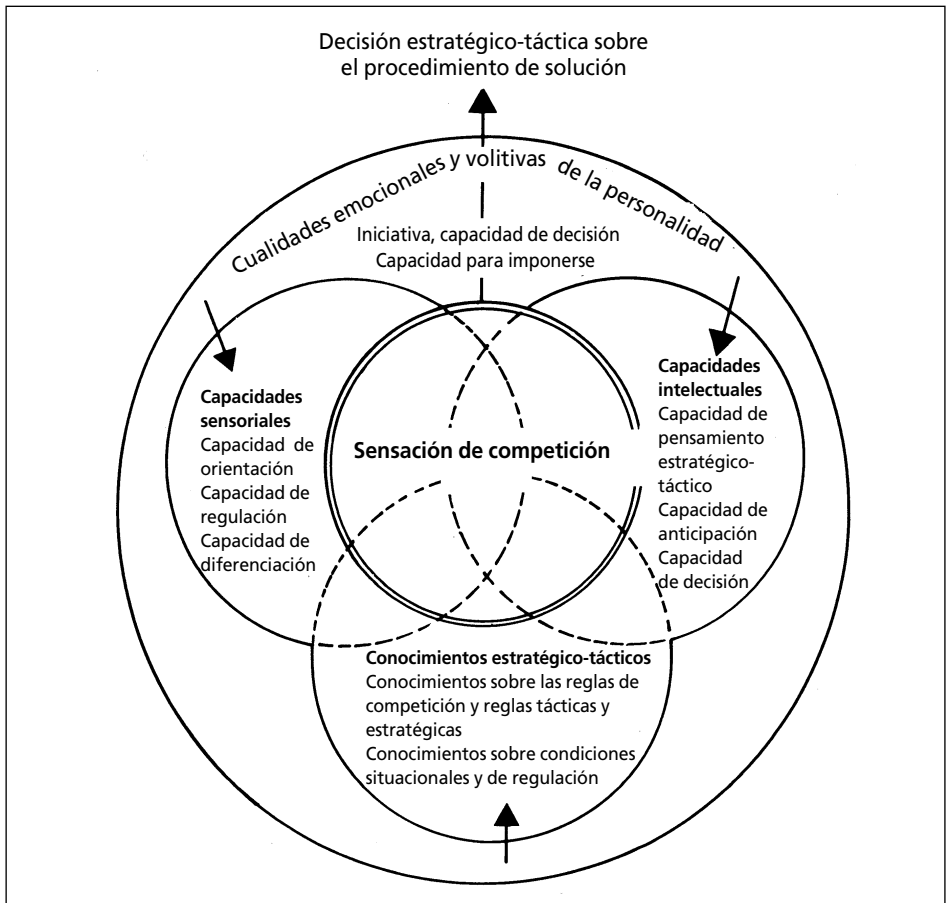


Figura 410. Factores involucrados en la decisión para la acción (de Barth, 1976, 61).

Formación teórica

La tarea de la formación teórica es el entrenamiento de las capacidades intelectuales que el deportista necesita para tener éxito en la competición deportiva. Su contenido se puede resumir en los siguientes puntos:

- El entrenamiento de la capacidad de aprendizaje. Sirve para la adquisición, clasificación y actualización de los conocimientos propios de la modalidad (datos sobre normas de competición y reglas de juego, nociones sobre organización y conducción de la competición deportiva).
- El entrenamiento de la capacidad de pensamiento propia de la modalidad (p. ej., “inteligencia de juego”). Debe facilitar un pensamiento lógico, flexible, original y crítico, garantizando la utilización óptima de las habilidades tácticas y las variaciones autónomas de la acción en circunstancias cambiantes (cf. Barth, 1978, 290).
- El entrenamiento de la capacidad de anticipación. Su objetivo es una programación previsora, y por tanto, la preparación de potenciales alternativas de acción.
- El entrenamiento de la recepción y el procesamiento de la información dirigiendo y agudizando la atención. El éxito en la acción y la reacción presupone, por una parte que se ha recibido la mayor cantidad posible de señales relevantes para la competición y, por otra parte, implica centrar el ámbito de búsqueda en los puntos básicos de la conducción de la competición, evitando una sobrecarga de información que en muchos principiantes provoca acciones erróneas (cf. Barth/Kirchgässner/Schubert, 1978, 760).
- El trabajo de las cualidades emocionales-volitivas. El dominio de sí mismo, la capacidad de aguante o el gusto por las decisiones pueden influir de forma decisiva sobre la capacidad de acción táctica; su desarrollo es importante para la optimización de la acción táctica.

Formación práctica

La formación práctica tiene como contenidos principales la adquisición de habilidades y formas de comportamiento tácticas. Al ejecutar repetidamente determinados esquemas de comportamiento táctico (p. ej., pared en fútbol) se automatizan componentes parciales de la acción consciente. De este modo, la atención del deportista se puede centrar en otros elementos del acontecer complejo de la acción.

La formación práctica sirve además para entrenar la valoración correcta de sí mismo, permitiendo al deportista reconocer sus posibilidades y límites individuales y utilizar las fuerzas disponibles en la medida correspondiente (p. ej. adquisición de la “sensación de ritmo” correcta).

Controles y tests

También el comportamiento táctico debería someterse a tests a intervalos regulares con el fin de mantener bajo control el desarrollo técnico-táctico. Como procedimientos disponemos de exámenes prácticos (p. ej., ejecución de formas tácticas básicas) y teóricos (comentario de situaciones de juego o de competición, elaboración de soluciones alternativas).

Entrenamiento de la táctica en el proceso de entrenamiento a largo plazo. Periodización

En el entrenamiento infantil y juvenil la táctica suele encontrarse entre las “cenicientas” de la formación. Sobre todo en las modalidades de juego, donde figura entre las condiciones más importantes para organizar con éxito la competición, la táctica se desarrolla más según el principio de “ensayo y error”, y no con una metodología sistemática, progresiva y adecuada a las edades infantil y juvenil.

En estas edades las formas de comportamiento táctico individual, de grupo y de equipo se deben enseñar de forma dosificada, abarcable en su conjunto y comprensible, en el marco de los juegos menores.

Ejemplo: como medida táctica individual, todos los niños pueden experimentar y aprender las fintas de forma transparente con el juego de “el buitre y la gallina” (v. fig. 331).

Asimismo, en la mayoría de los juegos de atrapar y perseguir, las fintas se reconocen y se experimentan de forma automática como una herramienta eficaz para escaparse de la acción del perseguidor mediante quiebros y cambios de dirección súbitos.

Importante. En las modalidades en que el comportamiento táctico será en un futuro un factor determinante del rendimiento –como ocurre sobre todo en las modalidades de juego y de disputa entre dos (cf. fig. 409)– hemos de acompañar desde un principio el proceso del entrenamiento con una formación táctica paralela.

En el ciclo anual, el entrenamiento de la táctica se ubica con preferencia en el período previo a la competición (mediante juegos de preparación y comparación, con los cuales se puede probar y consolidar variantes tácticas nuevas) y, por supuesto, durante el período de competición, con una preparación específica en función de cada contrario.

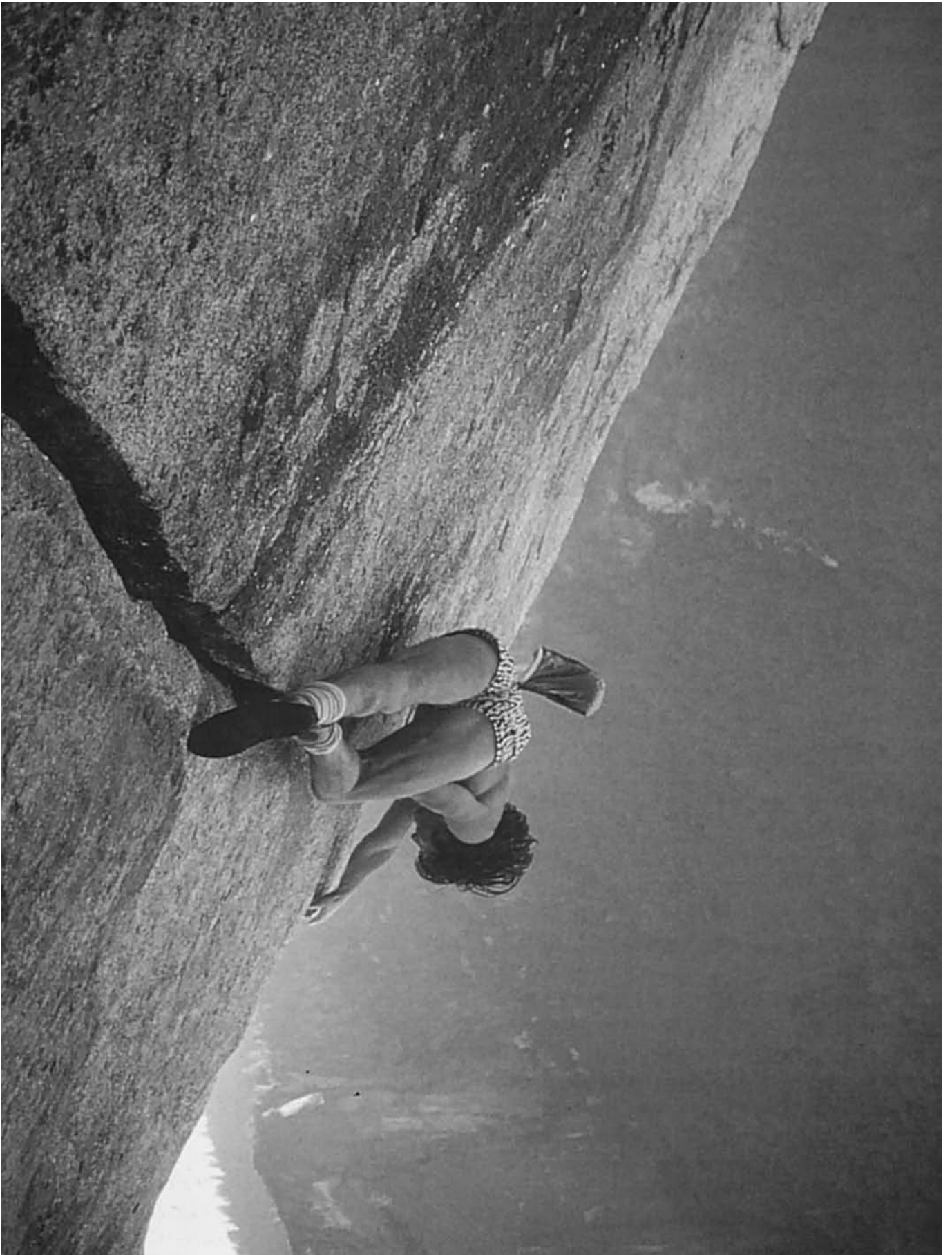
Principios metodológicos básicos

- La formación técnica y la táctica deben desarrollarse en paralelo; el nivel técnico determina las posibilidades tácticas de igual forma que las condiciones psicofísicas.
- La formación táctica tiene lugar en una estrecha interacción de teoría y práctica.
- El comportamiento táctico se entrena y se consolida en condiciones de dificultad creciente, por ejemplo, ejercicios sin contrario, con contrario dirigido de forma activa o en condiciones de competición.
- Se ejercitan en primer lugar las medidas básicas de comportamiento táctico, y sólo después las variantes y los programas alternativos.
- El desarrollo de la capacidad de observación –central y periférica– influye en gran medida sobre la capacidad de acción táctica. Se debe prestar una atención suficiente a su entrenamiento, por ejemplo, mediante observación de la competición, evaluación de grabaciones del juego mediante vídeo, elaboración de actas de partidos, etc.
- La maestría táctica se alcanza cuando el esquema táctico se puede llevar a la práctica también en condiciones externas e internas difíciles.

Entrenamiento de la táctica en las edades infantil y juvenil

Hemos mencionado ya la conveniencia de iniciar el entrenamiento de la táctica tan temprano como sea *posible*, y siempre asociado a la enseñanza de habilidades técnicas. La etapa especialmente apropiada para una formación técnico-táctica básica y multilateral, y para la adquisición de un repertorio extenso, es la edad escolar tardía (v. Barth/Kirchgässner/Schubert, 1978, 757).

Además, el proceso de formación técnico-táctica en niños y jóvenes se debería vincular estrechamente a un trabajo intelectual, pues se han constatado correlaciones entre el nivel de rendimiento y de exigencias mentales y la capacidad de rendimiento deportivo complejo (cf. Thiess/Gropler, 1978, 200). La capacidad para reconocer reglas y separar lo esencial de lo accesorio es un requisito especialmente importante para impulsar el proceso de aprendizaje técnico-táctico con el ritmo y la calidad deseados.



Parte IV

ENTRENAMIENTO PSICOLÓGICO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO DEPORTIVO

El deporte de alto rendimiento, por las elevadas exigencias que plantea a la capacidad de carga psicofísica del deportista, necesita contar, para optimizar el proceso de entrenamiento, con medidas que favorezcan la capacidad de rendimiento deportivo y los procesos de regeneración posteriores a la carga.

En este sentido, los métodos de entrenamiento tradicionales disponen actualmente de un eficaz complemento ofrecido por diversos métodos de entrenamiento psicológico.

Los métodos de entrenamiento psicológico se pueden subdividir en tres grupos principales:

1. Métodos psicológicos para mejorar la regeneración y aumentar la capacidad de rendimiento físico.
2. Métodos psicológicos para mejorar el aprendizaje de la técnica.
3. Métodos psicológicos para eliminar factores de distorsión psíquicos que influyen sobre la capacidad de rendimiento deportivo.

19 Métodos psicológicos para mejorar la regeneración y aumentar la capacidad de rendimiento físico

Entrenamiento autógeno (EA)

Definición

El EA fue desarrollado a principios del siglo XX por I. H. Schulz, a partir de la hipnosis. En contraposición con la hipnosis, no se trata aquí de una relajación inducida desde fuera, sino de una autorrelajación mediante concentración, que a través de la autosugestión provoca un estado similar al del sueño: un estado de disminución de la conciencia con relajación muscular óptima (Rosa, 1973, 18).

Ámbito de aplicación

En el ámbito deportivo, el EA desempeña sobre todo un papel importante en cuanto a la recuperación y la regeneración de las potencialidades físicas y psíquicas del deportista que ha estado sometido a situaciones de carga extrema en la competición, y que se ve obligado a superar lo antes posible los estados de agotamiento físico y de hiperexcitación psíquica.

Realización y fundamentos fisiológicos

Para permitir el proceso de la relajación completa con la ayuda del EA, el sujeto sometido al ejercicio tiene que liberarse por completo de esquemas mentales de rendimiento y distanciarse, concentrándose en la autorrelajación, de las condiciones del entorno. Por ello el aprendizaje del EA debería tener lugar en un momento de tranquilidad interior y de ausencia de conflictos psíquicos, y no en un momento de gran tensión interna.

El EA exige un ejercicio sistemático y rítmico, planificado con rigor en la secuencia diaria y convertido por tanto en una costumbre. Rosa (1973, 34/35) habla de la formación de un “estereotipo temporal en el transcurso del

día”, que desde el punto de vista de la psicología del aprendizaje supone un gran apoyo para asegurar el éxito.

El acceso al *nivel inferior* del EA –de una importancia fundamental en el ámbito deportivo– se consigue a través de fórmulas de autosugestión como “estoy muy tranquilo”, etc. A continuación describiremos los seis ejercicios del nivel inferior:

- *Ejercicio de la pesadez*

Fórmula: “el brazo derecho es muy pesado”.

Procesos fisiológicos. En este ejercicio se da prioridad de forma consciente al brazo derecho –la mayoría de las personas son diestras–, pues en la corteza cerebral de la zona precentral (que contiene las áreas motoras) la mano derecha está especialmente representada, y de su área puede partir una irradiación extensa hacia otras áreas corticales. La sensación de pesadez se explica por el descenso del tono muscular y se constata de forma objetiva mediante registros electromiográficos.

- *Ejercicio del calor*

Fórmula: “el brazo derecho está muy caliente”.

Procesos fisiológicos. Al descenso del tono muscular va asociado el descenso del tono vascular. De esta forma se produce una dilatación de los vasos, con el consiguiente aumento de la temperatura de la piel, que provoca la sensación de calor (fig. 411). En paralelo a este proceso tiene lugar un descenso de la frecuencia cardíaca y de la presión sanguínea, que influye también favorablemente sobre la capacidad de relajación y de recuperación.

- *Ejercicio del corazón y el pulso*

Fórmula: “la pulsación del corazón es tranquila y vigorosa”.

Procesos fisiológicos. Con este ejercicio se continúa y profundiza la relajación del corazón, inducida ya en el ejercicio del calor. La tendencia al descenso de la frecuencia cardíaca se encuentra en relación positiva con el

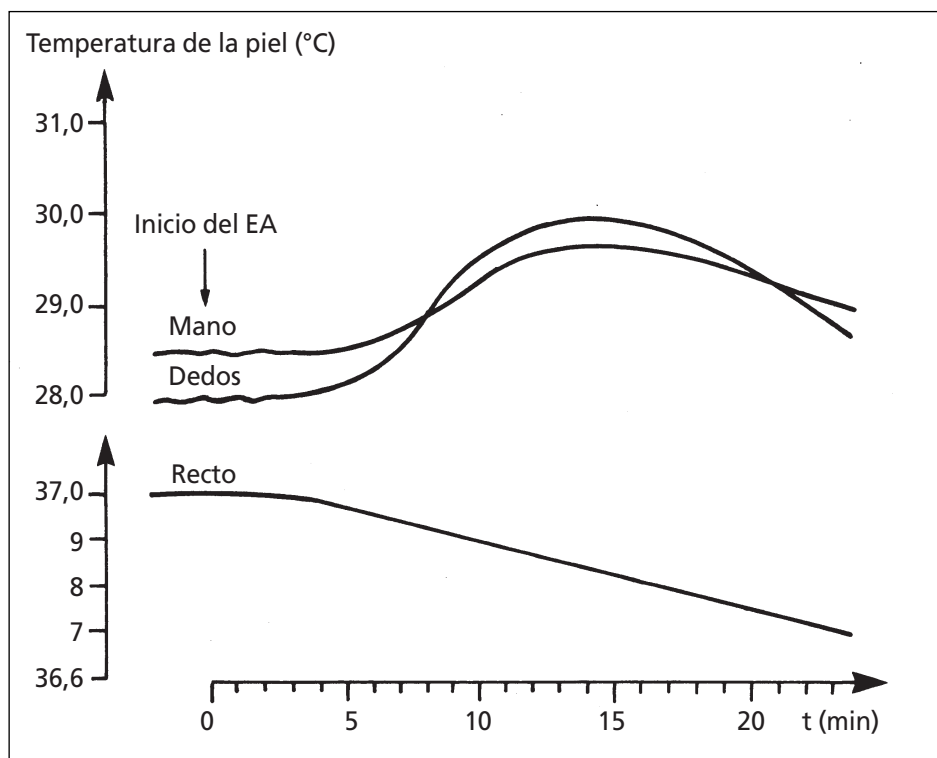


Figura 411. Representación visual de la evolución de la temperatura rectal y cutánea en el dorso de las manos (curva superior) y en los dedos (curva media) durante el ejercicio de la pesadez del entrenamiento autógeno, con una inmersión media-profunda. La flecha señala el inicio del ejercicio (de Polzien, 1965, 53).

paso a una situación de reacción trofotrópica (cf. Cernikova/Daskevic, 1972, 819; Tonn, 1977, 34).

- **Ejercicio de la respiración**

Fórmula: “la respiración es tranquila y regular”.

Procesos fisiológicos. En este ejercicio la prolongación de la espiración mejora también la relajación, pues el aire espirado induce una relajación muscular, sobre todo en la musculatura de las extremidades (cf. Strohmeier 1981, 101).

- **Ejercicio de los órganos del vientre**

Fórmula: “El calor fluye por el plexo solar”.

Procesos fisiológicos. El aumento del riego sanguíneo en los órganos abdominales, debido a la autorregulación (fig. 412), provoca una nueva relajación psicovegetativa, con una regulación simultánea de la producción de jugos gástricos. La consecuencia es una mayor movilidad del intestino y un transcurso de la digestión sin alteraciones (cf. Kraft, 1982, 95 s.). Además, el ejercicio del plexo solar se caracteriza por una descarga de sangre en la cavidad abdominal (cf. Hoffmann, 1982, 271).

- **Ejercicio de la frente**

Fórmula: “Frescor agradable en la frente”.

El ejercicio de la frente, con su fórmula de “frescor agradable en la frente”, contrasta con el estado general del cuerpo durante el EA, que se caracteriza por una experiencia de calor (cf. Schultz, 1979, 92).

Procesos fisiológicos. Para la autorregulación de estados psíquicos y vegetativos se utiliza la palabra, la fórmula de sugestión. De esta manera se puede activar o amortiguar determinadas funciones del organismo mediante el segundo sistema de señales, influyendo así sobre los correspondientes estados psíquicos (Cernikova/Daskevic, 1972, 814; Eberspächer, 1982, 217).

El *nivel inferior* tiene como objetivos principales relajar la musculatura y, paralelamente, amortiguar la excitabilidad de las estructuras nerviosas; como consecuencia del ejercicio mejora en general la regeneración psíquica y se acelera la regeneración psicofísica.

La tabla 69 nos ofrece una visión resumida del nivel inferior del EA.

Al *nivel inferior* le sucede normalmente el *nivel superior*, en el que se plantean tareas de meditación: vivencias de colores, formas, otras personas o el inconsciente. El *nivel superior*, con su objetivo de regeneración óptima en un tiempo mínimo, apenas resulta practicable en el ámbito del deporte.

El tiempo de aprendizaje del EA se sitúa entre 2 y 3 meses, y el tiempo de ejercicio diario no debe superar al principio los 10 minutos. Hasta que no se consiga realmente el objetivo de un ejercicio, por ejemplo, la sensación de pesadez, no se debería pasar al siguiente ejercicio. Al final de cada sesión de EA se produce la “retirada”, esto es, la desconexión del estado de relajación pasando al estado de vigilia habitual, con fórmulas como: “brazos firmes”; dicha desconexión va acompañada de breves ejer-

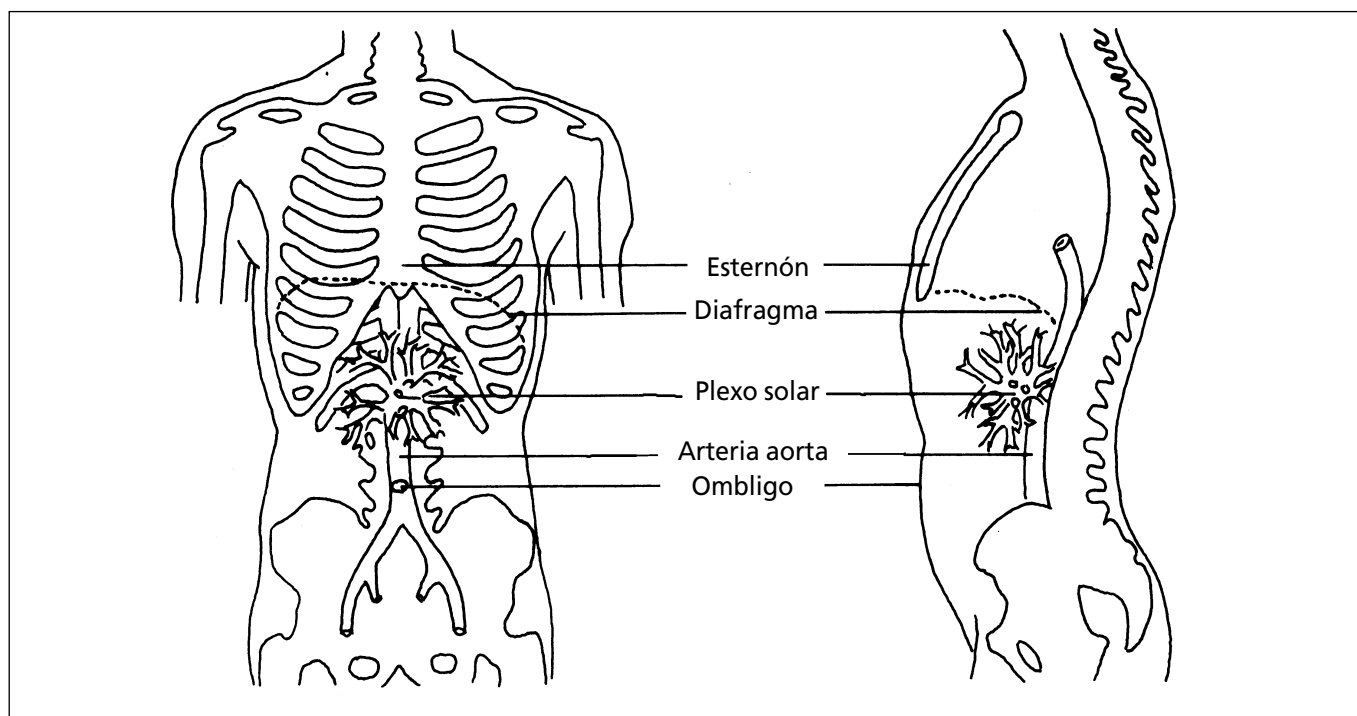


Figura 412. Representación esquemática de la situación del plexo solar (Kraft, 1982, 96).

cicios isométricos de tensión, para recuperar un tono muscular normal.

Ventajas y límites del EA

El dominio del EA permite en poco tiempo eliminar o reducir la fatiga corporal y disolver tensiones emocionales. Los 5 minutos de recuperación mediante el EA ejercen, según Genova (1971, 233), una influencia mayor sobre la regeneración de las funciones psíquicas que una hora de recuperación sin EA.

El EA puede ser muy útil también en los momentos previos a la competición, en la situación previa a la salida; si esperamos durante mucho tiempo una salida importante, la tensión emocional prolongada puede originar una fatiga nerviosa pronunciada, que “acidifica” al deportista ya antes del inicio de la competición propiamente dicho. El EA nos ayuda a evitar esta situación.

No obstante, la práctica del EA no resulta idónea en todos los casos. Cernikova/Daskevic (1972, 817) señalan la inadecuación del uso deportivo de los textos del EA elaborados para la práctica médica, cuyo objetivo es una relajación y tranquilidad profundas *sin* consecuencias; dichos textos pueden provocar incluso una pérdida de la capacidad de rendimiento en la competición, pues la relajación total previa se mantiene durante un tiempo largo y origina en determinadas circunstancias una laxitud física y psíquica.

ca. Así pues, después del EA se necesita la correspondiente activación del deportista.

El EA no consigue un éxito rápido en todos los deportistas, pues el tiempo de aprendizaje puede ser relativamente largo dependiendo de las particularidades individuales. Si el EA se domina de forma incompleta, se aprende bajo la presión del rendimiento y se practica de forma esporádica suele ser ineficaz, pues la facilitación y la automatización de los reflejos condicionados y el influjo mutuo de ejercicio y fórmula no se encuentran consolidados aún o se han perdido ya.

Formas emparentadas con el entrenamiento autógeno

Relajación muscular profunda (RMP)

La RMP es conocida como *relajación neuromuscular*, como *entrenamiento de relajación* y como *relajación muscular progresiva*, y fue desarrollada por E. Jacobson. En sus efectos, la RMP es similar al EA, pero sus objetivos no son tan elevados como los planteados en el nivel superior de este último método. El influjo de la RMP mejora la regeneración psíquica y elimina factores de distorsión psíquicos (p. ej., el miedo); por ello, dentro de los métodos de entrenamiento psicológico mencionados en la introducción de esta Parte IV podemos clasificarla tanto en el primer grupo

Tipo de ejercicio	Fórmula de ejercicio	Efecto	Síntomas concomitantes
Tono en reposo*	"Estoy completamente tranquilo"	Tranquilidad general de cuerpo y psique	
1. Ejercicio de pesadez	"El brazo derecho (izquierdo) está muy pesado"	Relajación muscular, tranquilidad general	Pueden ocurrir descargas autógenas de todo tipo, reacciones debidas a la reducción de la carga
2. Ejercicio de calor	"El brazo derecho (izquierdo) está muy caliente"	Vasodilatación, tranquilidad	Descargas autógenas
3. Ejercicio del corazón	"El corazón late de forma muy tranquila y regular"	Normalización del trabajo del corazón, tranquilidad	Descarga autógena (fin de la sensación de aprensión y expectativa)
4. Ejercicio respiratorio	"Respiración totalmente tranquila (y regular)"	Armonización de la respiración, tranquilidad	(como arriba)
5. Ejercicio del abdomen (plexo solar)	"El calor fluye por el plexo solar (abdomen)"	Relajación y armonización de todos los órganos abdominales, tranquilidad	(como arriba)
6. Ejercicio de la cabeza	"Frescor agradable en la frente"	Cabeza fresca, clara, relajación vascular en la cabeza, tranquilidad	Descargas autógenas, ocasionalmente dolor de cabeza y vértigo
* El tono en reposo sólo puede obtenerse en determinadas condiciones (p. ej., durante ejercicios autónomos; según Schultz, este tono vale como "indicador" para orientar el entrenamiento.			

Tabla 69. Tipo y fórmula de ejercicio, efectos y síntomas concomitantes del nivel inferior del EA (de Lindemann, 1974, 49)

como en el tercero. En contraposición con el EA, la RMP se aprende con relativa velocidad; para explicar los conocimientos básicos no necesitamos más de 2 horas; posteriormente basta con varias repeticiones breves.

La duración de la RMP se sitúa en unos 10 minutos. El entrenamiento de la RMP produce los siguientes efectos en los ámbitos físico y psíquico (cf. Buchmann, 1974, 86):

- Eliminación o atenuación de los trastornos del sueño.
- Alivio o eliminación de dolores existentes por elevación del umbral del dolor.
- Alivio o eliminación de estados anímicos desagradables (miedo, etc.).

- Aumento general de la tolerancia frente al estrés.
- Normalización de diferentes funciones corporales (descenso de la tensión arterial y de la frecuencia cardíaca, sedación nerviosa, etc., igual que con el EA).
- Aumento del riego sanguíneo de la musculatura en su conjunto.

Realización

La toma de contacto con la RMP tiene lugar mediante inspiraciones y espiraciones tranquilas y prolongadas. A continuación se tensan sucesivamente, de forma consciente, lenta pero intensa, todos los grupos musculares del

cuerpo y se relajan de nuevo. La sucesión que conviene mantener, *grosso modo*, es la siguiente: nuca, manos, brazos, piernas, pelvis y musculatura de la parte inferior de la espalda, nalgas y rostro.

Fundamentos fisiológicos

La respiración profunda que precede al ejercicio y la relajación de la musculatura en su conjunto, que provoca un descenso de la frecuencia cardíaca, aumenta la tendencia al sueño. Posteriormente, después de la marcada tensión y relajación muscular, desciende también la actividad eléctrica en los diferentes fascículos musculares y en sus correspondientes nervios, y las interacciones de músculos, nervios y cerebro provocan una disminución de las actividades cerebrales, lo que constituye un requisito previo para la capacidad de relajación.

El incremento del riego sanguíneo tiene que ver con la fuerte tensión muscular y con la posterior relajación, debido a la dilatación de los vasos sanguíneos.

La amortiguación de los estados dolorosos se basa en el hecho de que el organismo normalmente despierto, en tensión, que reacciona normalmente con gran velocidad e intensidad ante los estímulos dolorosos, no percibe en el estado de relajación profunda el mismo dolor con la misma intensidad.

Los estados de miedo, etc., se reducen o desaparecen por el efecto de una inhibición condicionada; la posterior terapia del comportamiento parte del hecho de que las tendencias reactivas indeseadas, basadas en su mayoría en el miedo, no pueden mantenerse en presencia de una relajación profunda. La RMP produce una relajación de este tipo y permite por tanto limitar y eliminar el miedo. El proceso discurre, según Buchmann (1974, 86), de la siguiente manera: el acoplamiento, repetido con frecuencia, de relajación fisiológica y excitación psíquica produce la reducción o la desaparición de las formas de reacción indeseadas. La ventaja de la RMP frente al EA radica no sólo en la facilidad de su aprendizaje, sino sobre todo en la posibilidad de aprender esta forma de entrenamiento también en un momento de tensión psíquica. Con la tensión muscular aplicada al principio se eliminan los excedentes de energía y de adrenalina, y con la posterior relajación se crean, como consecuencia del descenso de la frecuencia cardíaca y de la tensión arterial, las condiciones para una tranquilidad psíquica. En determinadas circunstancias, la intención de “estar muy tranquilo”, formulada por el EA, no resulta suficiente para una amortiguación real.

Otra ventaja de la RMP se basa en el hecho de que el aprendizaje del contraste “tensión-relajación” contribuye a una mejora de la percepción propioceptiva, e influye por

tanto positivamente sobre el proceso del entrenamiento (cf. Stütze, 1981, 790).

Dependiendo de las características individuales en los momentos previos al arranque de la competición, Kemmler (1973, 74) propone como límite para la práctica de la RMP un tiempo de entre 60 y 20 minutos antes de dicho arranque. No conviene superar dicho límite por debajo, pues un margen demasiado corto entre la relajación y el arranque de la competición es un factor de disminución del rendimiento.

Entrenamiento psicorregulador (EPR)

El entrenamiento psicorregulador según Gissen se deriva igualmente del EA. Figura entre los procedimientos de relajación-movilización, y consta por tanto de una parte de sedación y otra de activación, cuyo contenido básico depende de los rasgos de la personalidad del deportista y de la tarea que le espera. En principio, el EPR intenta aprovechar de forma óptima el paso a la inmersión autógena, provocada por el descenso del flujo de información y por la consolidación de una relajación muscular, garantizando así la mejor disposición posible al rendimiento por parte del deportista (cf. Gissen, 1973, 48). Además del EA, en el EPR se utiliza también la forma de entrenamiento ideomotor (v. pág. 555).

Realización y fundamentos fisiológicos

El EPR, que se practica de modo preferente en la postura del cochero (cf. Gissen, 1973, 52), se basa en su primera parte en los principios elementales del EA, si bien no se utilizan los ejercicios de la pesadez y del frescor en la frente. El estado de inmersión se consigue mediante cinco grupos de diez fórmulas cada uno, que por la claridad de sus representaciones visuales producen los siguientes efectos (cf. Gissen, 1973, 48 s.):

- 1^{er} grupo de fórmulas: tranquilidad y concentración sobre sí mismo;
- 2^o grupo de fórmulas: relajación de los brazos;
- 3^{er} grupo de fórmulas: relajación de las piernas;
- 4^o grupo de fórmulas: relajación del tronco;
- 5^o grupo de fórmulas: regulación respiratoria y cardíaca.

Dentro de los grupos de fórmulas, la atención se dirige en un primer momento hacia la parte del cuerpo en cuestión, después al proceso que se inicia, y finalmente se constata la conclusión del proceso con la tranquilidad que se irradia.

Después de la parte de relajación, la continuación del EPR depende del efecto deseado del ejercicio.

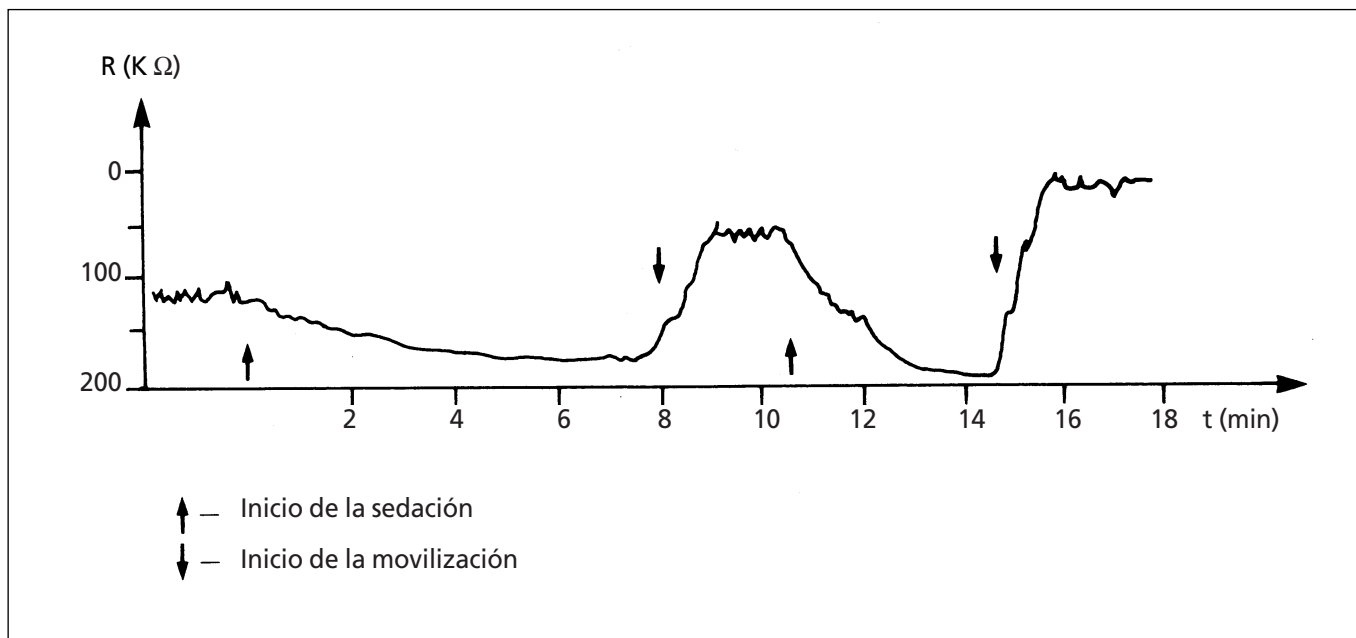


Figura 413. Parámetros de la reacción psicogalvánica de la piel con un ejercicio doble de EPR (Gissen, 1973, 65).

Si se busca una regeneración rápida del organismo después de una carga física, se prolongan los ejercicios de sedación.

Si el deportista tiene que llegar a un nivel de tensión óptimo para dominar las exigencias inminentes de entrenamiento o de competición, se pasa a la segunda parte propiamente dicha del EPR, la movilización. Además de la aplicación sencilla del EPR, Gissen (1973, 64 s.) plantea un método cíclico, que supone una continuación de las fases de sedación y movilización en el sentido de un ejercicio doble. La ventaja de dicho método consiste, según Gissen, en la mayor eficacia conseguida, sobre todo, en la segunda fase de sedación. Varios estudios de las reacciones psicogalvánicas de la piel demuestran el intenso grado de relajación al que se llega en esta fase (fig. 413).

Durante la fase de relajación del EPR se producen reacciones similares a las originadas por el EA, esto es, el paso a una fase trofotrópica (enfocada hacia la recuperación), junto con un descenso de la frecuencia cardíaca, de la tensión arterial y del tono muscular. En la fase de movilización encontramos un aumento de la simpaticotonía y, por tanto, una mayor disposición al rendimiento (cf. Gissen, 1973, 65).

La eficacia del EPR en el ámbito deportivo se basa en los siguientes puntos (cf. Gissen, 1973, 47, 75):

- Aceleración de los procesos de regeneración después de las cargas deportivas.

- Reducción de la caída del rendimiento con carga estática y dinámica por utilización del EPR.
- Mejora de la capacidad de rendimiento psíquico, descenso del número de errores y mantenimiento de la atención.
- Efecto desensibilizador en relación con factores de distorsión psíquicos.
- Eliminación de trastornos del sueño.
- Eliminación de estados de sobreexcitación y de apatía antes y después de la competición.
- Seguridad de un rendimiento estable en la competición.

Así pues el ERP, con sus numerosas variaciones, es un método aplicable de múltiples maneras en el deporte.

Entrenamiento psicotónico

El entrenamiento psicotónico es una forma de entrenamiento que sirve, según Thierry (1972, 287), para incrementar la disposición al rendimiento deportivo. Para ello se influye sobre el tono muscular con la ayuda de ejercicios del nivel inferior del EA. Con el descenso del tono muscular se debe conseguir una amortiguación del nivel de excitación psicofísica; el ahorro de energía muscular y nerviosa que se obtiene beneficiaría la capacidad de rendimiento deportivo.

Se puede ver que esta forma no presenta diferencias sustanciales con el EA, y que se basa en los mismos mecanismos fisiológicos, si bien se concentra en la influencia selectiva sobre el tono muscular.

Método de relajación-activación y terapia activa (TA)

Con el método de relajación-activación se trata, según Schmidt (citado en Kemmler, 1973, 77), de un enfoque psicorregulativo que ayuda al deportista a liberarse del exceso de estrés originado por cargas psíquicas, sin sufrir no obstante pérdidas en su dinámica de rendimiento.

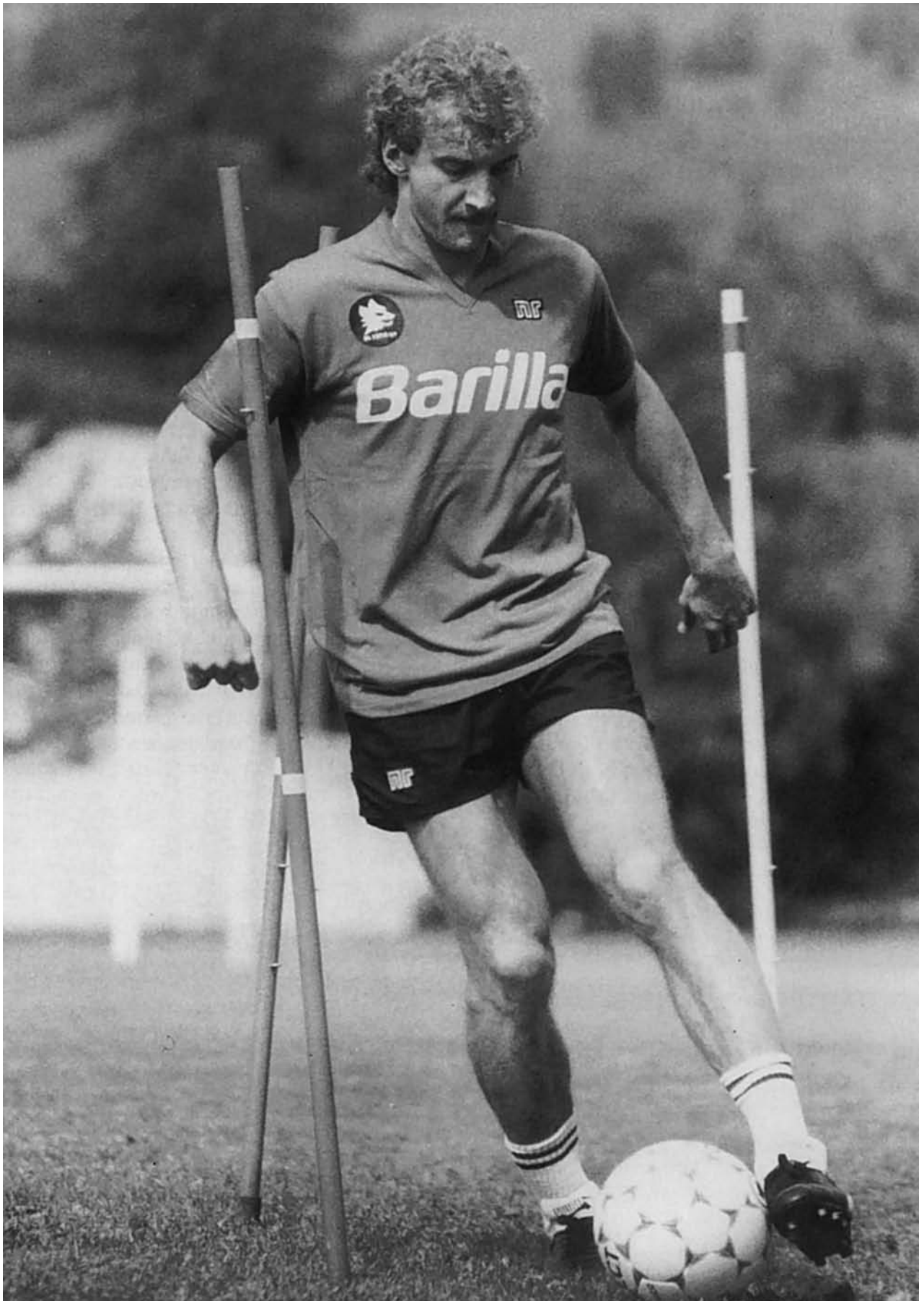
El método consta de una combinación de ejercicios de relajación y ejercicios de tensión, dosificados con vistas a la competición. El programa de ejercicio discurre en tres fases:

- Relajación y distensión de la musculatura (ejercicios del nivel inferior del EA).
- Reposo y regeneración de las fuerzas.
- Estimulación y activación mediante formulación de una serie de intenciones.

Con la TA estamos, según Frester (citado en Kemmler, 1973, 56), ante un método muy próximo al método de relajación-activación, y vinculado también estrechamente al EA. El programa de ejercicios discurre asimismo en tres fases:

- Relajación (nivel inferior del EA).
- Transición y activación mediante formulación de intenciones.
- Gimnasia de impulsos. (animación, estimulación).

Después del ejercicio global predominan los síntomas de un nivel reducido de los máximos de excitación. Así se consigue una forma de trabajo más económica del SNC y un mejor comportamiento de los circuitos reguladores (Frester, citado en Kremmler, 1973, 58).



20 Métodos psicológicos para mejorar el aprendizaje de la técnica

Entrenamiento mental (EM)

Definición

Por EM entendemos el aprendizaje o la mejora de una secuencia motora mediante representación mental intensiva, sin el acompañamiento del ejercicio real (cf. Volkamer, 1972, 137; Fuhrer, 1975, 1313; Beck, 1977, 212).

Formas del EM

El EM se encuentra, según Fetz (1979, 88, 89), en el mismo nivel que el entrenamiento práctico, y se divide en las llamadas “formas de ejercicio mental”, el entrenamiento de información verbal, el entrenamiento ideomotor y el entrenamiento de observación (fig. 414).

Kunze (1971, 340-343) clasifica los métodos de entrenamiento mental en función del tipo de recepción y procesamiento de la información, y distingue al EM de los entrenamientos de observación (EO), verbal (EV) y práctico. Subdivide el EM en entrenamiento subvocal, entrenamiento de percepción de la información poco perceptible y el entrenamiento ideomotor (fig. 415).

El entrenamiento subvocal y el entrenamiento de percepción de la información poco perceptible se pueden regular desde fuera en mayor o menor medida (mediante fórmulas o imágenes determinadas relacionadas con la secuencia motora óptima), y constituyen una realización del valor ideal; en cambio, con el entrenamiento ideomotor disponemos de una indicación de valor ideal y otra de valor real. La realización del valor real se produce siempre que la representación motora se asocia a un modelo motor disponible. Por su parte, la realización del valor ideal en el entrenamiento ideomotor aparece cuando el modelo de

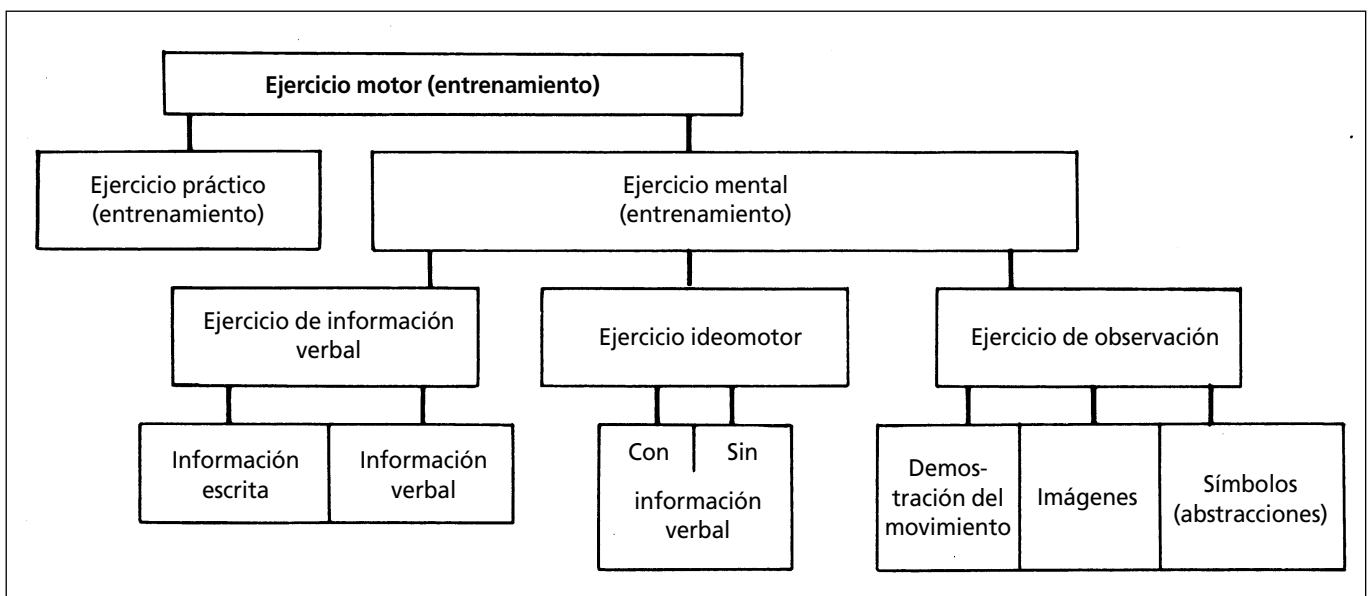


Figura 414. Ejercicio motor realizado en asociación con tipos de ejercicio mental (de Fetz, 1979, 414).

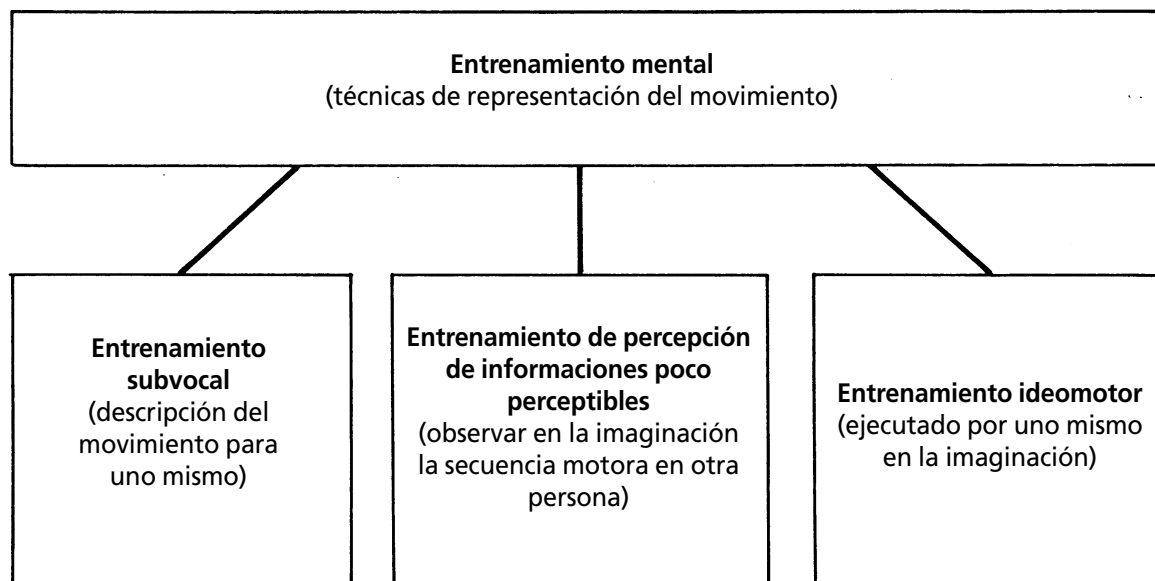


Figura 415. Fomas del EM (de Kunze, citado en Kemmler, 1973, 82).

movimiento no está consolidado plenamente (cf. Fetz, 1979, 91). De esta manera, la realización del valor real en este tipo de entrenamiento sirve para estabilizar un movimiento, mientras que la realización del valor ideal incluye siempre un componente de aprendizaje, mejora o reaprendizaje (cf. Kremer, 1985, 120).

Realización

Como en todos los métodos de entrenamiento, las condiciones de aprendizaje óptimas en el EM optimizan los efectos del entrenamiento. Así, la eficacia del EM depende en gran medida de factores internos y externos.

Condiciones internas

Como condiciones importantes para el éxito del EM podemos señalar la actitud positiva, el fomento de la motivación y la actitud del deportista frente a los procesos mentales concentrados que le aguardan (cf. Frester, 1972, 213; Mitterbauer, 1976, 462; Syer/Connolly, 1987, 71). Buchmeier (1975, 136) propone apoyar la motivación informando sobre los fundamentos del EM (p. ej., el efecto Carpenter, v. pág. 559) y sobre ejemplos felices de su aplicación. Se debe desactivar la ambición excesiva y todo tipo de compulsión. La disposición a la representación mental, y por tanto el éxito del ejercicio, aumenta en estados de relajación (cf. Loehr, 1988, 112; Eberspächer, 1990, 10). La relajación puede inducirse mediante procedimientos psicorreguladores como el entrenamiento autógeno y la rela-

jación muscular progresiva (v. pág. 550), y también mediante música tranquila (Frester, 1984, 122). Knab (1989, 13) propone, entre otras medidas, gimnasia respiratoria y de impulsos (estiramiento dinámico) como intervención relajante antes del EM propiamente dicho, mientras que Porter/Forster (1987, 42-45) mencionan además la meditación, el masaje y el baño de flotación. El resultado de los experimentos de Kemmler (1973, 90) demuestra la especial eficacia, ya mencionada, del EM asociado a una relajación previa. En estado de relajación el deportista dispone de mayor facilidad para organizar una representación mental fiel a la realidad; los tiempos de carrera en el EM se corresponden en mayor medida con los tiempos concretos (v. tabla 70). Otro requisito para el éxito del EM es la representación exacta del valor ideal óptimo en el deportista (cf. Fetz, 1988, 93). Ésta puede crearse mediante descripción verbal, series de imágenes, grabaciones de vídeo, etc. Dado que el entrenador no puede intervenir en la secuencia del ejercicio en el sentido de su regulación, el deportista tiene que acostumbrarse, según Volkamer (1972, 144), al trabajo autónomo para asegurar el éxito del ejercicio.

Condiciones externas

Las condiciones externas del EM están determinadas sobre todo por el criterio de la limitación de estímulos externos. El sujeto que lo practica tiene que estar protegido frente al ruido, la luz agresiva, el calor o el frío excesivos, etc. (cf. Volpert, 1976, 67; Callies, 1982, 231).

	Desviación típica respecto del mejor tiempo personal recorrido realmente	
	N1	N2
Entrenamiento mental sin entrenamiento de relajación	± 45 s	± 10 s
Entrenamiento mental después de entrenamiento de relajación (en estado de relajación)	± 11 s	± 4,5 s
N1 = 6; N2 = 5		

Tabla 70. Diferencias en el tiempo de carrera en un EM con y sin entrenamiento de relajación previo (Kemmler, 1973, 90)

Como muestran los estudios de Ratov y cols. (1981, 334), la postura corporal adoptada es un criterio decisivo para la eficacia del EM; la imagen electromiográfica de la musculatura en cuestión durante la representación mental sólo se corresponde con la imagen de la ejecución real en postura de bipedestación, no en postura de decúbito.

Importante. Para que la práctica del EM sea eficaz, necesitamos una representación mental clara del movimiento en relación con la tarea deportiva que queremos entrenar. Cuanto más detallada es la representación motora, más eficaz es el EM (cf. Hotz/Weineck, 1983, 76).

Si no disponemos de una representación mental del movimiento como resultado de experiencias motoras anteriores del deportista, podemos establecer un valor ideal con la ayuda de la información verbal (EV, v. pág. 564) y/o la percepción visual (EO, v. pág. 563); asimismo, la realización propia del movimiento nos proporciona una representación motora clara y extensa (cf. Tiwald, 1972, 99). Para elegir las formas de ejercicio mental y sus contenidos conviene distinguir si el EM se practica para una adquisición nueva, para la consolidación o para el mantenimiento de una secuencia motora o para la corrección de un movimiento erróneo, esto es, si el deportista dispone o no de una cierta representación mental del movimiento, y si existen ya enfoques erróneos de dicha representación mental. Existen además otros factores que desempeñan un papel importante, como el estadio del desarrollo, el nivel actual del aprendizaje, la capacidad de asimilación, los recursos verbales, etc.

En el EM, el control de la realización correcta a cargo del entrenador sólo es eficaz en un grado limitado; por ello deben adoptarse medidas que favorezcan el control propio en el deportista. Este objetivo puede lograrse mediante una elaboración en común del programa de entrenamiento mental (cf. Frester, 1984, 122).

El EM propiamente dicho debería ir precedido –como ya hemos indicado– de una fase de relajación, para facilitar la inmersión y aumentar la capacidad de concentración. Para ello se puede utilizar el entrenamiento autógeno y otras técnicas de relajación.

Para que su práctica resulte eficaz, el aprendizaje del EM debe transcurrir de acuerdo con unas pautas. Por ello un buen programa de EM ocupa necesariamente un cierto período de tiempo. En relación con el EM, Frester (1984, 122) propone un procedimiento en cinco fases:

1. Entrenamiento autógeno.
2. Actualización del valor ideal mediante demostración óptica.
3. Entrenamiento ideomotor.
4. Imitación práctica de la secuencia motora.
5. Realización práctica de la secuencia motora en su conjunto.

El esquema de Frester debe efectuarse en un solo día; en cambio, la propuesta de Steiner (1985, 229) consiste en un esquema de varios días (v. tabla 71).

El entrenamiento psicorregulador básico debe mejorar las condiciones psicofisiológicas que potencian la eficacia del EM. Se practica durante un mínimo de 6 semanas antes de comenzar con el entrenamiento mental básico (cf. Steiner, 1985, 232). En la fase de la integración se acoplan ambos procedimientos y sólo después de

<i>Preparación del programa</i>	
• Análisis de tareas, de problemas	
• Elaboración de programas:	– referidos a la persona – referidos a la situación
• Motivación/actitud	
<i>Realización del programa</i>	
A. Entrenamiento básico:	
• Entrenamiento psicorregulador básico	
• Entrenamiento mental básico	
B. Fase de la integración:	
• Acoplamiento sistemático de	– entrenamiento psicorregulador – entrenamiento mental
C. Fase de la adecuación situacional	
en:	
• entrenamiento	
• competición	

Tabla 71. Esquema de un entrenamiento mental de varios días (Steiner, 1985, 229)

esta fase se inicia la fase de la adaptación situacional. La unidad formada por los entrenamientos psicorregulador y mental se integra aquí en el proceso de entrenamiento práctico. Finalmente, la aplicación en la competición constituye la última etapa de este esquema (cf. Steiner, 1985, 233 s.). Kunath (citado en Renzland/Eberspächer, 1988, 35) recomienda para el EM un esquema compacto en tres bloques. En primer lugar debe aplicarse una técnica de relajación; a continuación se practica, a través de representaciones mentales motoras, el entrenamiento propiamente dicho y finalmente se pone en práctica el movimiento, para garantizar un análisis y una evaluación de su ejecución.

El entrenamiento psicológico de Karlsruhe (EPK, v. fig. 416) parece tener en cuenta todos los resultados de la investigación sobre el EM.

El EPK se efectúa también durante varias semanas. En el programa básico el deportista aprende tres procedimientos de psicorregulación. La versión breve no se utiliza hasta que no se han estabilizado las reacciones psicofísicas con la ayuda del programa largo (Förster, 1990, 95). En el programa elegido, el deportista se decide por el procedimiento que, de forma subjetiva, percibe como más eficaz en relación con la psicorregulación. Para el EM propiamente dicho se le proporcionan herramientas auxiliares escritas, como instrucciones precisas sobre el ejercicio y

textos sobre el movimiento. Finalmente, el EM se aplica en la forma de programas cortos.

Como ocurre con el método de Steiner, también aquí se integra primero en el entrenamiento y después en competiciones preparatorias antes de incluirlo en competiciones normales (Förster, 1990, 96).

Dependiendo de la forma de EM utilizada, el deportista comienza a representarse la secuencia de movimientos de una tarea. Las indicaciones específicas del entrenador deberían darse antes del inicio del EM, pues las informaciones sobre la secuencia motora que se facilitan durante el EM tienen un efecto más bien perjudicial respecto a su eficacia (cf. Jones, 1965, 272 y 1984, 323; Frester, 1984, 122).

Durante la realización del EM es importante que la secuencia mental discurra con fluidez, sin aferrarse a una parte determinada del movimiento. Si aparecen representaciones motoras poco claras o erróneas, se ha de interrumpir el EM, pues de no ser así puede estabilizarse una imagen errónea del movimiento. La inmersión en el EM puede facilitarse con el programa en tres etapas de Kemmler (1973, 84):

- Verbalización de la secuencia motora en su conjunto.
- Observación de una demostración tomada como modelo (película, etc.).

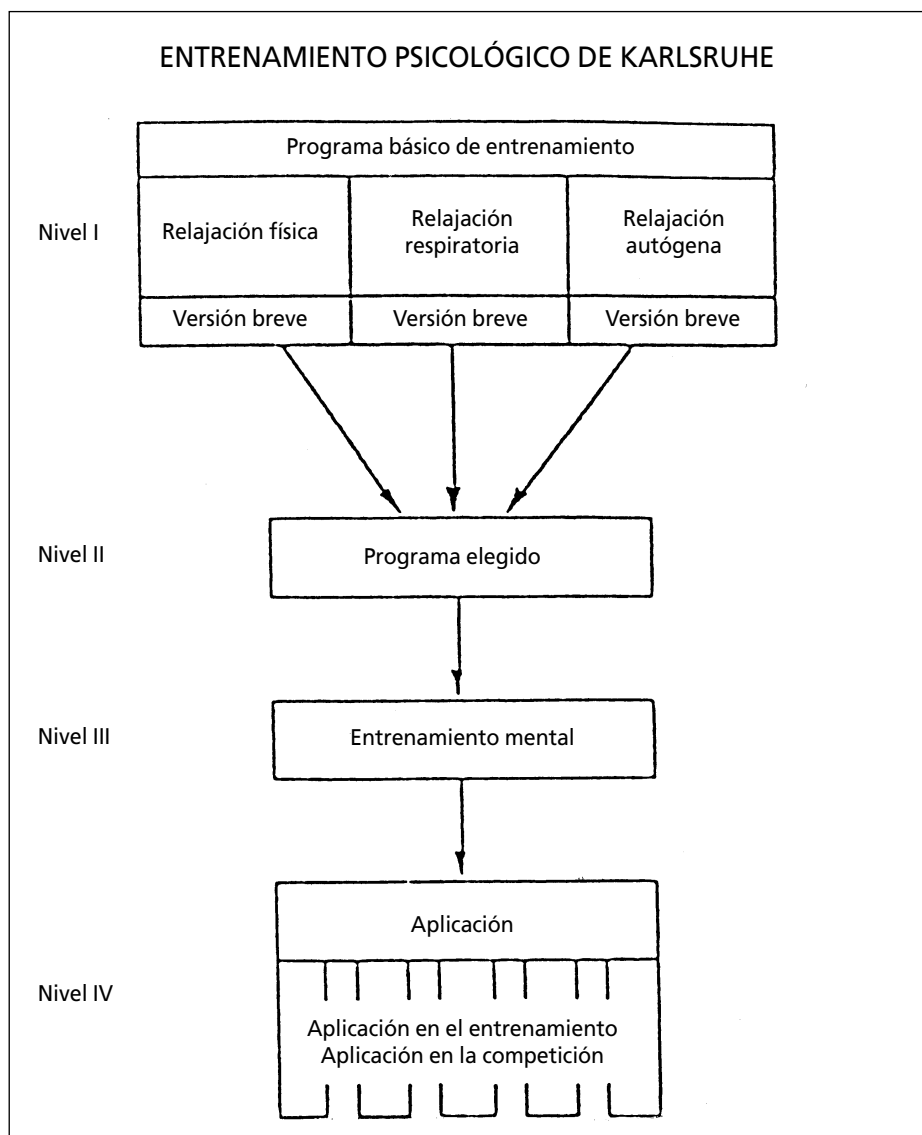


Figura 416. Organización del entrenamiento psicológico de Karlsruhe (Förster, 1990, 94).

- Realización de la secuencia motora coherente y conforme a la representación mental, teniendo en cuenta especialmente las sensaciones corporales que acompañan dicha secuencia (sensaciones cinestésicas) y las dificultades técnicas específicas que existen en la estructura del movimiento.

Importante. Por lo general, el ritmo de la visualización en el EM debe coincidir con la velocidad en el entrenamiento activo. En este sentido, la eliminación de errores técnicos automatizados constituye una excepción: aquí se recomienda ejecutar el movimiento “a cámara lenta”. Lo mismo se aplica para secuencias motoras muy complicadas (cf. Syer/Connolly, 1987, 70 s.; Jones, 1984, 315 s.).

Fundamentos fisiológicos

El efecto Carpenter desempeña un papel especialmente importante en el EM; la representación mental intensa del movimiento produce una excitación central del área cortical motora del cerebro y, por tanto, una serie de microcontracciones de los músculos (cf. Kohl/Krüger, 1972, 125/126; Pietka, 1976, 24; Beck, 1977, 212). Por ello no es de extrañar que durante la representación mental de movimientos se constate una intensificación del metabolismo gaseoso, una aceleración de la respiración y la frecuencia cardíaca, un aumento de la tensión arterial, una mayor sensibilidad de la visión periférica y una mayor excitabilidad de los nervios periféricos (figs. 417 y 418).

Como muestran varios estudios electroencefalográficos, durante la representación mental de movimientos se produce un incremento de las interacciones intercerebra-

les; durante el EM aumentan en el adulto en un 20-30 %, y en el deportista joven, sólo en un 10-15 %. En el no deportista o en el principiante aparecen bastantes menos interacciones en el EEG (cf. Smieskol, 1973, 160; Sologub, 1982, 30, 31; Ivanova/Silin, 1893, 20, 21). En una comparación con el *entrenamiento de percepción de informaciones poco perceptibles* se pudo ver que la representación mental del propio movimiento generaba una mayor actividad de las áreas motoras, mientras que la representación mental del movimiento de otra persona estimulaba más el área óptica. Por ello, en el entrenamiento de percepción de informaciones poco perceptibles hemos de contar con una mayor importancia del analizador óptico (Ivanova/Artemov, citado en Smieskol, 1973, 160).

La observación repetida de vídeos, series de imágenes, demostraciones de los movimientos, etc., provoca en el SNC la formación de "huellas" que aceleran la facilitación de modelos de coordinación motora. En la práctica del entrenamiento se debería tener en cuenta que las fases inicial y final del movimiento mostrado, así como las fases de tensión máxima, consiguen el efecto de inducción máximo (Kohl/Krüger, 1972, 125).

Dado el estrecho acoplamiento entre la ejecución real y la representación ideomotora de un movimiento, el objetivo del entrenamiento debe ser maximizar los procesos de desarrollo técnico y estabilización mediante una alternancia óptima entre entrenamiento práctico y mental.

Momento óptimo de realización y de aplicación del EM

No se puede indicar valores unitarios para el tiempo de ejercicio ni para el número de repeticiones. Sólo existe unanimidad entre los diferentes autores cuando indican la conveniencia de practicar el EM con la máxima regularidad posible para que éste resulte eficaz (cf. Loehr, 1988, 112; Syer/Connolly, 1987, 71).

El EM se debería practicar, según Syer/Connolly (1987, 71), diariamente y siempre en el mismo momento, siendo la duración aconsejada de entre 5 y 10 minutos.

Debido a la fatiga intensa que producen las elevadas exigencias del EM en cuanto a concentración y a capacidad de representación, la duración de un entrenamiento de este tipo no debería superar, según Ter-Ovanesian (1971, 4), un tiempo de entre 2 y 3 minutos. En el transcurso de un día, en su opinión, puede entrenarse varias veces de forma mental, centrándose el ejercicio, sobre todo el de tipo ideomotor, en detalles del movimiento difíciles de registrar (cf. Ter-Ovanesian, 1971, 5ª ed., 4).

El número de repeticiones depende del estado momentáneo del aprendizaje del deportista y del grado en que se domine la tarea.

Además, la duración y el número de repeticiones dependen en gran medida de la madurez, del interés y de la capacidad de concentración del deportista (cf. Frester, 1984, 122; Fetz, 1988, 94).

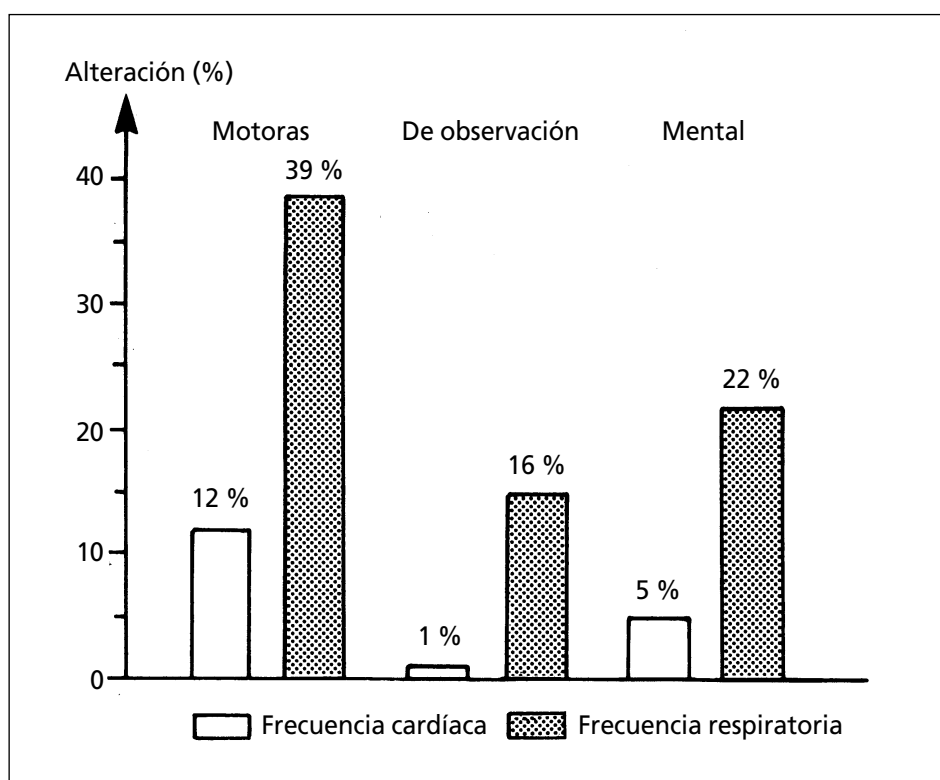


Figura 417. Alteraciones de las frecuencias cardíaca y respiratoria durante el entrenamiento motor, de observación y mental (Martin, 1965, 64).

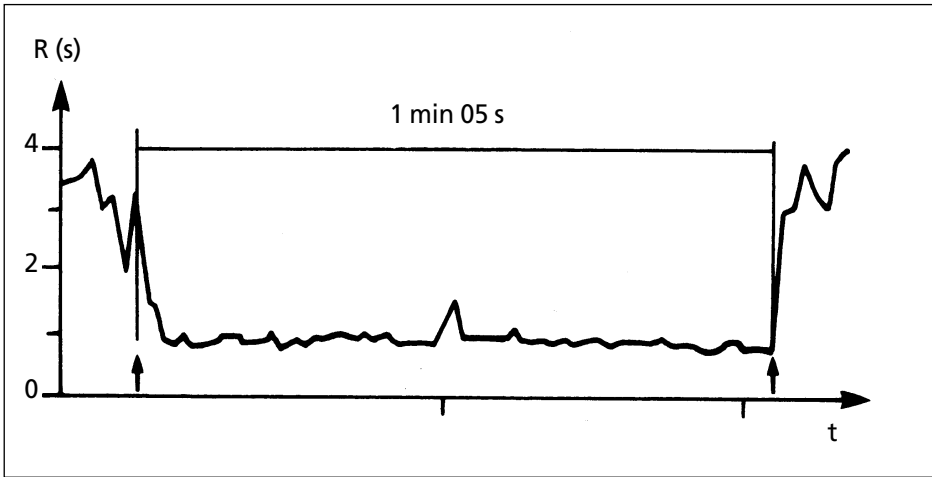


Figura 418. Aceleración de la frecuencia respiratoria recorriendo a nado de forma mental (ideomotora) una distancia dada en un tiempo dado. R = duración de cada ciclo respiratorio (en s). Flechas = inicio y final de la ejecución ideomotora. En la curva respiratoria se puede ver con claridad el cambio que se produce al superar la mitad de la distancia (de Frester, 1984, 123).

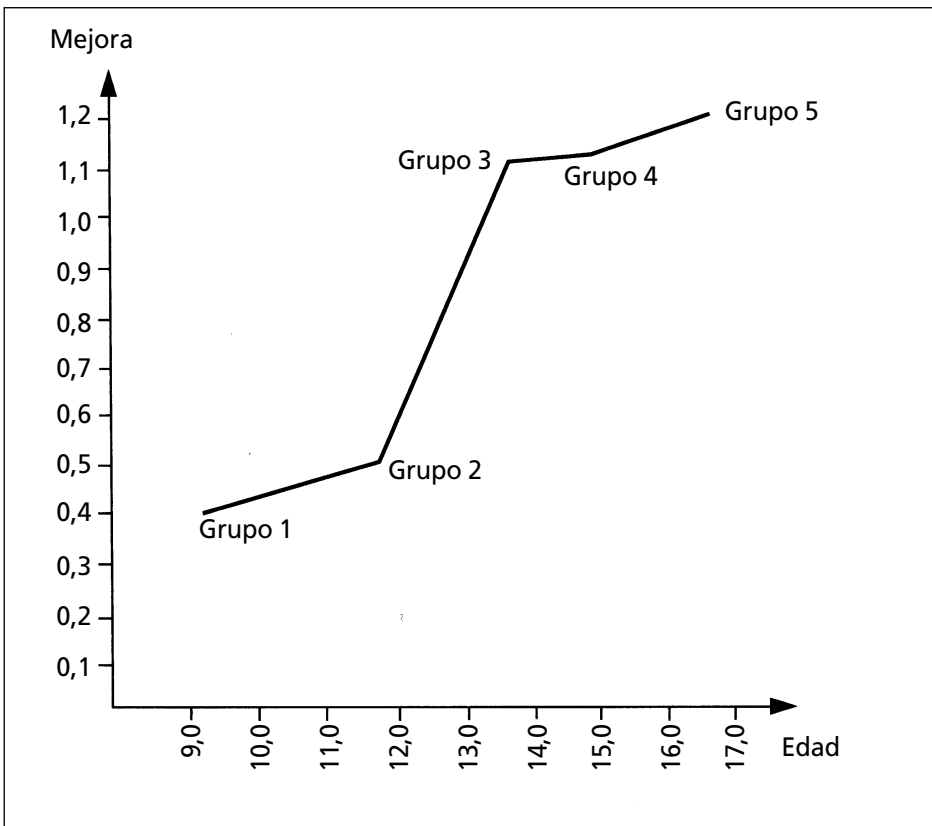


Figura 419. Promedios de mejora de los grupos de edad en cuanto a la capacidad de rendimiento en el entrenamiento mental (Medler/Schmidt-Walther, 1972, 422).

Factores intrapersonales que influyen sobre la eficacia del EM

Edad

Como se puede ver en la figura 419, la eficacia del EM aumenta con la edad.

No obstante, el aumento de la capacidad de rendimiento en el entrenamiento mental no presenta una trayectoria

lineal. La mayor tasa de crecimiento se sitúa entre los 11,9 y los 13,9 años (Medler/Schmidt-Walther, 1972, 420). Así pues, el EM parece ser escasamente viable como sustituto del entrenamiento práctico hasta los 13 años de vida. Frente a este punto de vista, Rapp/Schoder ven posible la práctica del EM en la edad preescolar.

Los resultados experimentales de Förster (1990, 195 s. y 217) demuestran igualmente que un programa de entrenamiento psicológico se puede plantear con éxito también

a atletas jóvenes. Los sujetos jóvenes del experimento practicaron, en general, el EM con mayor frecuencia que los de más edad.

Inteligencia

Según los estudios de Jessen (1972, 94), la capacidad para entrenar de forma mental parece estar en correlación positiva con la inteligencia. En cambio, Stark (citado en Volkamer, 1972, 141) y Buchmeier (1975, 135) piensan que sólo se necesita un cierto grado de inteligencia para analizar correctamente un movimiento y, por tanto, para reproducirlo mentalmente de manera parecida a la realidad.

Experiencia motora

Los estudios de Clark (citado en Volkamer, 1972, 144) acerca del EM como factor de mejora del rendimiento en habilidades motoras muestran que, en atletas avanzados y experimentados, este método es casi tan eficaz como el entrenamiento práctico, mientras que en principiantes el éxito del ejercicio se debe sobre todo al entrenamiento práctico (v. tabla 72).

A modo de resumen se hace una valoración de las ventajas e inconvenientes del EM.

Ventajas del EM

- El EM acorta los tiempos de aprendizaje para la adquisición de técnicas deportivas.
- El ejercicio mental de una secuencia motora aumenta la estabilidad de una habilidad motora.
- El EM aumenta la precisión y, por tanto, también la velocidad de ejecución de un movimiento.
- El EM permite frecuencias de repetición relativamente elevadas por unidad de tiempo, favoreciendo así el ahorro de energía.
- En modalidades cuyo entrenamiento requiere un gasto elevado o una organización compleja, el EM ofrece una posibilidad de economización.
- La utilización del EM ha demostrado su utilidad sobre todo en los descansos por lesión, pues se mantiene la representación mental del movimiento y se limitan los procesos de atrofia.

- El EM se puede utilizar para simular situaciones previas al arranque y situaciones de competición; de esta manera el atleta afronta la competición con menos carga, pues en su representación mental ya ha recorrido varias veces la secuencia.
- El EM se puede utilizar como medida complementaria del calentamiento, lo que acorta los tiempos de éste (ahorro de energía).
- El EM ha demostrado su eficacia en modalidades con tiempo de entrenamiento limitado (ocupación de polideportivos o instalaciones).
- El EM permite estudios “mentales” a cámara lenta, permitiendo así mejorar la representación mental, sobre todo de las secuencias motoras técnicamente difíciles.
- El EM se puede utilizar con provecho en modalidades con riesgo elevado de lesiones.
- El EM reduce el miedo en modalidades arriesgadas desde el punto de vista de las lesiones, pues la representación mental intensa del movimiento permite reconocer, y por tanto practicar mejor, elementos motores no registrados aún con seguridad.
- El EM favorece la corrección de técnicas motoras aprendidas de forma errónea, pues con su representación mental repetida los esquemas motores antiguos se relajan y se pueden programar otros nuevos.

Límites del EM

- El efecto del EM depende de la experiencia motora y de la intuición clara del movimiento, de modo que antes de los 12 años de vida apenas resulta aplicable.
- El EM no es apropiado en la misma medida para todas las modalidades; parece especialmente apropiado para disciplinas con exigencias técnicas elevadas.
- Debido a la intensa fatiga provocada por la concentración, el EM sólo se puede utilizar en períodos de tiempo limitados (en torno a 2 o 3 minutos por sesión de entrenamiento).
- El EM no incluye el movimiento de los músculos y extremidades ni los controles, dependientes de dicho movimiento (mediante los correspondientes mecanismos de retroalimentación), que verifican la corrección de la ejecución del movimiento.

	Experto	Avanzado	Principiante
Práctico	16 %	24 %	44 %
Mental	15 %	23 %	26 %

Tabla 72. Mejora del ejercicio debido al EM y al entrenamiento práctico en diferentes niveles de destreza (Clark, citado en Volkamer, 1972, 144)

- Si el EM se practica durante demasiado tiempo o de forma exclusiva, pueden desarrollarse y asentarse secuencias motoras erróneas por falta de control ejercido en condiciones de realidad.

Formas emparentadas con el entrenamiento mental

Entrenamiento de observación (EO)

El *entrenamiento de observación* incluye la observación selectiva, planificada y repetida del ejercicio de otras personas (cf. Ulich, 1973, 7).

Así pues, una observación o contemplación casual, sin intención de ejercicio, no supone un EO (cf. Fetz, 1979, 90; Fuhrer, 1984, 175).

La importancia del EO radica sobre todo en que apoya el proceso de aprendizaje motor. En el estadio de principiantes ayuda a formar la representación mental del movimiento, y en deportistas avanzados precisa o consolida dicha representación. No obstante, como en la mayoría de los casos, el EO supone una indicación de valor ideal; el interés de este método de entrenamiento radica menos en la estabilización que en la adquisición y la mejora de habilidades motoras.

El EO reviste una especial importancia sobre todo al inicio de un proceso de aprendizaje, pues el analizador óptico sólo interviene de forma destacada en las primeras fases del proceso de aprendizaje, y al avanzar dicho proceso las informaciones visuales pierden importancia. El éxito del entrenamiento de observación es más probable con niños en la mejor edad de aprendizaje motor, esto es, entre 9 y 11 años de edad, utilizando la combinación de demostración/imitación.

Desde el punto de vista epistemológico, el efecto del EO se explica por la vinculación del reflejo no condicionado y del reflejo condicionado originada por la observación de un movimiento; dicha vinculación provoca a su vez determinadas reacciones (ideomotoras, basadas en el *efecto Carpenter*, v. EM), de forma que el observador está en condiciones de aprovechar para su propio proceso de aprendizaje las experiencias motoras del observado, junto con las consecuencias que de ellas se derivan (cf. Volpert, 1976, 70).

Como se puede ver en la figura 420, el EO provoca una inervación en la musculatura en la que se centra la tarea de observación; la inervación se corresponde con el ritmo de trabajo de la persona observada. Al comparar la actividad muscular con la producida por el EM encontramos una

inervación muscular más acentuada con el EO que con el EM.

Realización

Como métodos de exposición en el EO tenemos la demostración (a cargo del profesor o de otros alumnos), vídeos, series de imágenes, dibujos, etc.

Como se deduce de los estudios de Leirich (1973, 19 s.), la utilización de series de imágenes parece ser más eficaz que la proyección de una película circular (de repetición continua). Esto se explica, entre otros motivos, por la posibilidad de una observación más prolongada; los tiempos de observación mayores están en correlación directa con la mejora de los rendimientos motores. Los rendimientos peores con tiempos de observación menores se explican por la ausencia de procesos de facilitación en el cerebro, de modo que los centros motores no disponen de informaciones suficientes sobre la secuencia motora (cf. Mester/de Marées, 1980, 172, 175).

Principios básicos metodológicos sobre el EO

- La demostración tiene que corresponder a la secuencia motora técnicamente correcta.
- La demostración debe tener en cuenta el grado esperable de ejecución del movimiento por parte del alumno.
- En principio, la demostración debe repetirse varias veces, y la observación del alumno debe dirigirse de forma sucesiva hacia los desplazamientos esenciales de las partes del cuerpo (demostración analítica).
- La densidad informativa, momentáneamente muy elevada en el caso de movimientos de transcurso muy rápido, debería reducirse mediante prolongación temporal, en la medida en que la ejecución del movimiento lo permita.
- Los desplazamientos esenciales de las partes del cuerpo se pueden destacar mediante una demostración especialmente exagerada.
- La posición del alumno debe elegirse de tal modo que perciba en buenas condiciones visuales todos los desplazamientos de las partes del cuerpo y el movimiento en su conjunto (distancia), y de tal modo que el eje óptico se encuentre en perpendicular o inclinado respecto del plano del movimiento.

Hemos de tener en cuenta, además, que la dirección de la atención mediante tareas de observación, las explicaciones sobre la estructura y la biomecánica del movimiento, y las posteriores descripciones y esquemas del movimiento –para examinar la capacidad perceptiva del alumno– aumentan considerablemente el efecto de la demostración del movimiento.

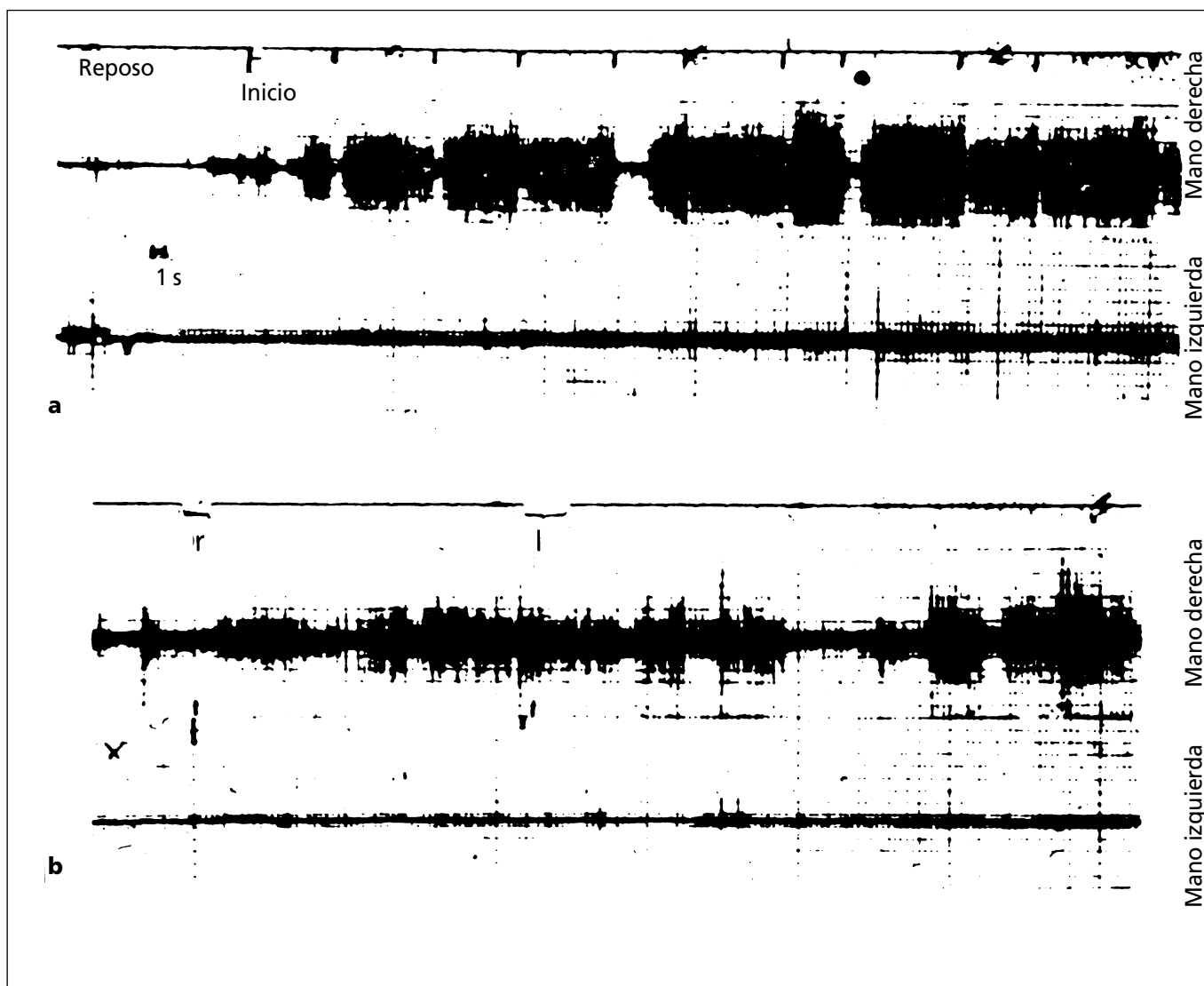


Figura 420. EMG de la mano derecha con EO (a) y con EM (b) durante el test de O'Connor de destreza de los dedos (Pflug, 1966, apéndice, 16).

Así pues, la optimización del comportamiento visual o de observación tiene lugar con el aumento de los conocimientos, lo cual contribuye a su vez a una mayor eficacia del EO (cf. Möckel/Heemsoth/Hotz, 1984, 283 s.).

Cada demostración debe ir precedida de una información verbal para no dejar al azar la percepción, sino para provocarla en los alumnos con la mayor intensidad sensorial (Leirich, 1973, 18).

Esta pretensión da idea del alto grado de eficacia del EO con la utilización simultánea y compleja de estrategias del entrenamiento verbal (EV, v. *infra*), tal como se refleja, por ejemplo, en los medios audiovisuales (película educativa).

Entrenamiento verbal (EV)

Otra forma de entrenamiento aplicable sin trabajo práctico es el entrenamiento verbal.

Definición

El entrenamiento verbal es una comunicación verbal planificada, repetida y selectiva acerca del transcurso de las habilidades sensomotoras que se quieren aprender (Ulich, 1973, 356).

Se puede distinguir, según Ulich (1974, 106), tres formas de EV.

1. Comunicación con otras personas.
2. Comentarios durante la preparación y la ejecución del movimiento.
3. Conversación consigo mismo.

Estas posibilidades de EV se utilizan dependiendo de la situación y de las capacidades disponibles; se atribuye una especial importancia a la tercera forma, que se expresa en órdenes dirigidas a uno mismo.

Realización y fundamentos fisiológicos

La indicación verbal del valor ideal tiene lugar fundamentalmente con métodos como descripción, explicación, instrucción y corrección del movimiento, así como programa de aprendizaje y similares (cf. Kremer, 1985, 190). La explicación de los rasgos esenciales produce mejores resultados que una descripción extensa del movimiento (cf. Leirich, 1973, 20).

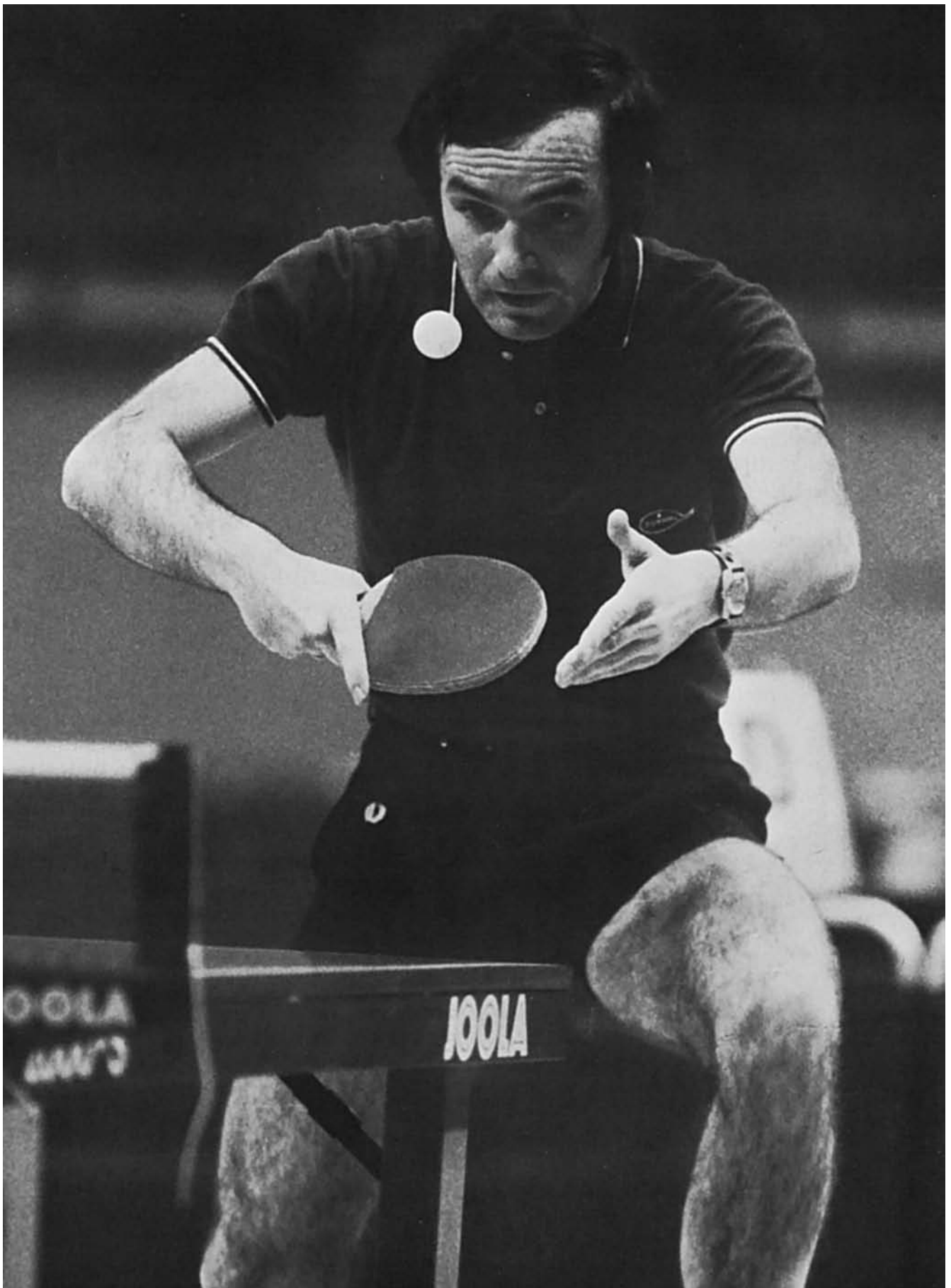
Para el EV, Puni (1961, 91, 92) propone, teniendo en cuenta sus diferentes formas, el siguiente procedimiento:

1. Exposición verbal exacta del ejercicio a cargo del profesor o entrenador (primero se definen los conceptos y después se amplía y se precisa su contenido).
2. Creación de una primera representación mental gruesa de la técnica del ejercicio; a continuación dicha técnica se precisa de forma constante.
3. Formulación exacta de la tarea concreta a cargo del entrenador, destacando los momentos más importantes e intentando provocar la sensación de los movimientos.
4. Repetición verbal exacta de la tarea a cargo del deportista.
5. Representación mental del ejercicio mediante “comentario mental” de su ejecución, utilizando las “órdenes a uno mismo”.
6. Los entrenadores informan después sobre el ejercicio.
7. Realización del propio ejercicio a cargo del deportista.
8. Evaluación del propio ejercicio a cargo del deportista.
9. El entrenador dictamina sobre la autoevaluación indicando errores y carencias con la mayor exactitud posible, destaca los aspectos positivos y evalúa la ejecución del ejercicio y la autoevaluación del que lo ha efectuado.

Los efectos del EV muestran un estrecho parentesco con el EM. Con el EV se puede constatar también alteraciones de los valores del EEG e intensificaciones de los potenciales musculares en el EMG debidas al análisis y a la descripción del movimiento (cf. Puni, citado en Smieskol, 1973, 153, 157). Al mismo tiempo, hemos de suponer procesos comparables, orientados hacia la movilización del organismo, que se reflejan en un aumento de las frecuencias cardíaca y respiratoria y de la tensión arterial.

Principios metodológicos básicos acerca del EV

- En el EV se han de tomar en consideración las capacidades lingüística y de asimilación del alumno para garantizar un entendimiento óptimo entre éste y el pedagogo. En este sentido resulta útil un repertorio léxico común en forma de expresiones especializadas, de modo que la comunicación sea rápida y clara.
- En la elección de la información verbal y del número de desplazamientos (del cuerpo y de sus partes) que se quiere enseñar, hemos de tener en cuenta el estadio de desarrollo y de formación del alumno, así como el grado de complicación del movimiento. Como directrices para el número de desplazamientos (cf. Leirich, 1973, 25), se recomiendan dos o tres desplazamientos para las edades entre 10 y 14 años, cuatro o cinco para las edades entre 15 y 18 años, y entre seis y ocho para los estudiantes de educación física y para los deportistas.
- Para elucidar la estructura dinámica del movimiento se recomienda una repetición de las informaciones verbales en forma de un discurso rítmico, que acompaña al movimiento (cf. Fetz, 1979, 89).
- Al aumentar el nivel de las capacidades, la cantidad de información verbal se puede reducir hasta un mínimo, pues el experto, sobre la base de su propia experiencia motora, está en condiciones de indicarse a sí mismo el valor ideal de un movimiento (cf. Mitterbauer, 1976, 464).
- Con el progreso del ejercicio puede efectuarse un cambio en el tono del discurso, pasando de un volumen alto a uno bajo y llegando finalmente a una expresión en forma de “impulsos lingüísticos interiores” (cf. Wunderli, 1976, 15 s.).



21 Métodos psicológicos para eliminar factores de distorsión psíquicos que influyen sobre la capacidad de rendimiento deportivo

Hipnosis

Este procedimiento no es aplicable a todas las personas, pues depende de una sensibilidad específica para la sugestión externa que aquí tiene lugar.

Realización

El hipnotizador lleva al deportista a un estado próximo al sueño. A continuación se le sugieren a este último instrucciones que pondrá en práctica bajo el influjo de la hipnosis o en el posterior estado de vigilia.

Posibilidades y límites en la práctica deportiva

Las medidas de sugestión hipnótica pueden influir sobre el rendimiento deportivo, sobre todo en el ámbito psíquico: en casos de miedo injustificado al fracaso, miedo ante un contrario supuestamente más preparado, etc.

En cambio, el aumento del rendimiento físico sólo resulta posible en la medida en que la hipnosis elimine en el ámbito psíquico factores de distorsión o inhibiciones que influyan sobre un rendimiento potencial. La orientación consciente y la concentración sobre la competición no resultan posibles, pues el autocontrol está en gran medida desconectado durante la hipnosis.

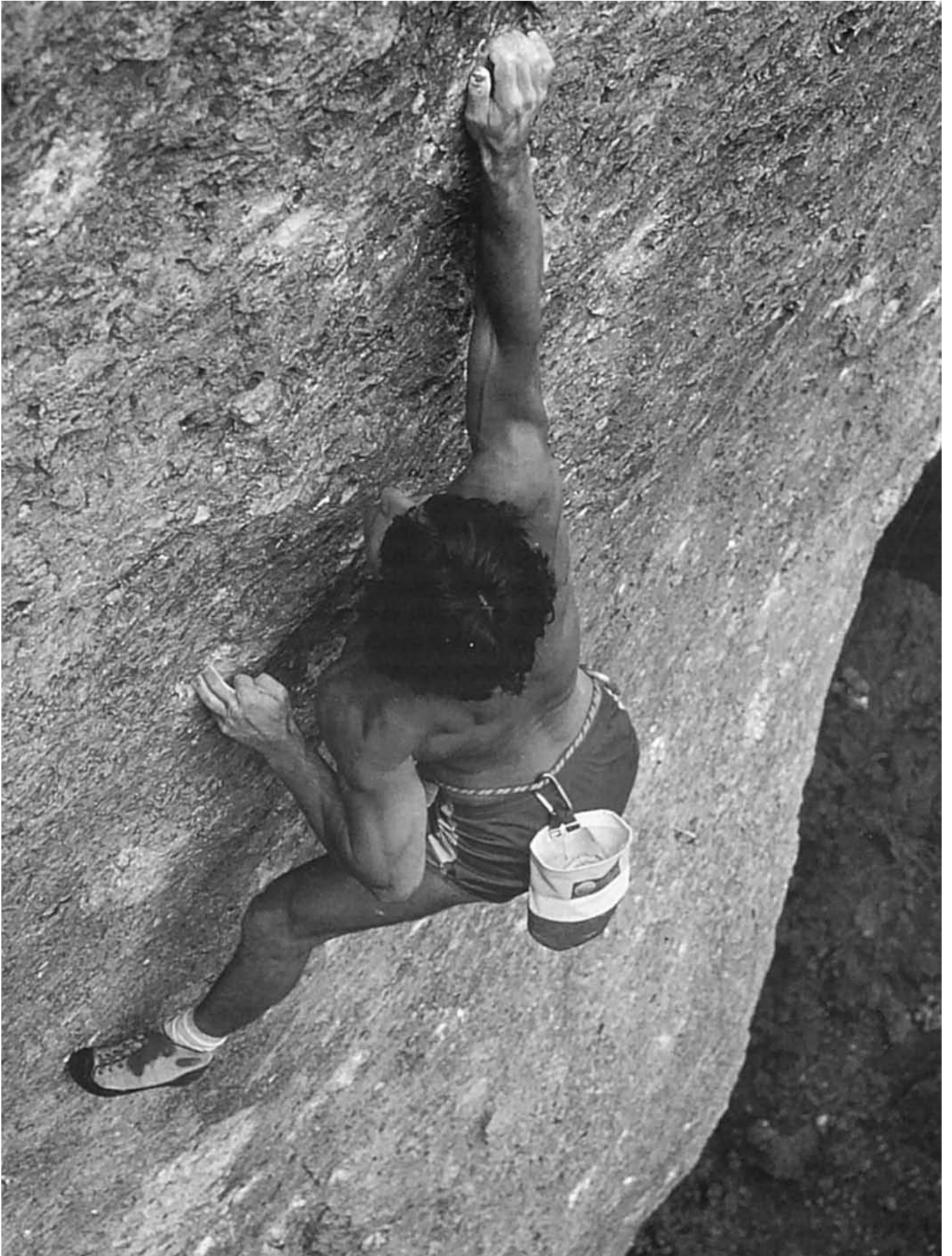
Dadas las dificultades técnicas que presenta la hipnosis, sobre todo en el ámbito de la preparación para la competición, los límites de su aplicación en el ámbito deportivo suelen ser bastante estrechos (cf. Kemmler, 1973, 50).

Desensibilización. Modificación sistemática del comportamiento

En el *entrenamiento de desensibilización* se elaboran, después de un trabajo sistemático con los contenidos de la competición inmediata, los factores traumatizantes individuales, hasta que vayan perdiendo poco a poco importancia en este ámbito mental y se superen los trastornos en el ámbito de los mecanismos de regulación nerviosa (v. Hahn, 1972, 284).

La desensibilización fue desarrollada por Wolpe (1958) como método de terapia del comportamiento. Sirve para eliminar o reducir las formas de comportamiento neuróticas, como, por ejemplo, el miedo como síntoma de realizaciones inadaptadas debidas a procesos de aprendizaje "erróneos" (Kemmler, 1973, 91).

Finalmente, en el caso de la *modificación sistemática del comportamiento*, los ejercicios de relajación se repiten hasta que la representación mental de la situación no provoca ya, por el efecto de habituación, reacciones de inhibición.



22 Formas combinadas

En el deporte de elite de nuestros días la búsqueda de métodos de entrenamiento óptimos ha conducido a una serie de combinaciones de las más variadas formas de entrenamiento. Una de estas combinaciones es la de EA con EM. En este caso se puede observar que, sobre la base de un estado de relajación, las condiciones para influir sobre el proceso de aprendizaje ideomotor son especialmente favorables debido a la mejora de la receptividad y de la capacidad de rendimiento del SNC.

Otras posibilidades de combinación resultan de la asociación entre entrenamiento activo –la forma convencional y más importante de entrenamiento– y entrenamiento verbal, de observación y mental.

Sólo la utilización de todos los métodos disponibles en su combinación óptima permite maximizar la eficacia y la economía en el proceso de entrenamiento.

Varios estudios muestran que, por ejemplo, la alternancia de entrenamiento activo y mental consigue una mayor eficacia que el entrenamiento activo por sí solo. No obs-

tante, este último resulta insustituible, como muestra la práctica, pues permite experimentar la secuencia de acción y conocer y elaborar los resultados (*feedback*), dos factores que en el entrenamiento mental o de observación no resultan posibles con el mismo grado de realidad (cf. Ulich, 1973, 8). El ajuste preciso del valor ideal sólo se consigue a través de la “experiencia” individual de todos los componentes de la habilidad deportivo-motora.

Como sucesión más eficaz podemos recomendar la siguiente: en primer lugar EV, a continuación EO, EM y ejercicio práctico (EP), pues en la fase del EM se continúan elaborando las informaciones recibidas durante el EV y el EO, y la eficacia del plan de acción que de aquí resulta se puede examinar en el entrenamiento práctico (cf. Ulich/Triebel/Wunderli, 1976, 146).

La tabla 73 nos ofrece un resumen de las formas más importantes de entrenamiento psicorregulador y psicomotor y de sus posibilidades de utilización en el deporte.

Procedimiento	Efectos	Posibilidades de utilización
EA	<ul style="list-style-type: none"> • Relajación psicofísica • Regulación de una reacción excesivamente ergotrópica • Mejora de la capacidad de recuperación • Eliminación de inhibiciones psíquicas • Aumento de la capacidad de concentración y de la disposición al rendimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción o eliminación de síntomas de estrés como insomnio y similares • Regulación de estados de miedo ante el inicio de la competición • Aceleración del proceso de regeneración después de cargas de entrenamiento y de competición • Incremento del efecto del EM
RMP	<ul style="list-style-type: none"> • Relajación, de carácter general o bien limitada a determinados ámbitos de la musculatura • Optimización del nivel máximo de activación 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de factores de distorsión psíquicos • Superación del miedo ante el inicio • Optimización de la capacidad de recuperación después de cargas corporales intensas
TA	<ul style="list-style-type: none"> • Relajación y movilización general • Regulación de situaciones funcionales ergotrópicas y trofotrópicas extremas • Superación de estados psíquicos perjudiciales para el rendimiento y fomento de estados favorables • Mejora de la confianza en uno mismo y de la capacidad de imponerse • Mejora del rendimiento en el sentido de la configuración más económica de un movimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización de estados previos al inicio (miedo y apatía) • Aceleración del proceso de regeneración
Autorregulación activa	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de relajación general seguido de activación • Eliminación o reducción de la fatiga física o nerviosa 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación de estados desagradables y excitaciones emocionales previos al inicio • Aceleración o regeneración de la capacidad de rendimiento deportivo después del entrenamiento o de la competición
Método de activación de la relajación	<ul style="list-style-type: none"> • Relajación seguida de movilización 	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de un estado óptimo previo al inicio • Eliminación de trastornos del sueño y similares

Tabla 73. Formas más importantes de entrenamiento psicorregulador y psicomotor y sus posibilidades de utilización en el deporte (de Kremer, 1985, 200-202)

Procedimiento	Efectos	Posibilidades de utilización
EPR	<ul style="list-style-type: none"> • Relajación psicofísica seguida de activación • Eliminación de estados de sobreexcitación y de apatía • Mejora del proceso de aprendizaje motor en combinación con el EM • Seguridad de un rendimiento de competición estable 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización del estado previo al inicio • Eliminación de trastornos del sueño • Aceleración del proceso de regeneración • Bloqueo del progreso de la fatiga • Mejora de capacidades técnicas y tácticas
<i>Biofeedback</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Relajación y activación generales o específicas • Superación de situaciones reactivas hipotónicas y/o hipertónicas • Eliminación de tensiones musculares en los ámbitos psíquico y físico • Aumento de la eficacia de otras medidas de psicorregulación y del EM 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación de estados previos al inicio • Eliminación de trastornos psicovegetativos • Mejora e intensificación del proceso de regeneración • Economización del movimiento deportivo en el sentido de un entrenamiento de coordinación • Medida de rehabilitación para impedir la atrofia muscular
EM	<ul style="list-style-type: none"> • Activación psicofísica, que se corresponde casi con la ejecución real del movimiento • Precisión y estabilización de la representación mental del movimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo de la adquisición y mejora de habilidades motoras • Mejora del rendimiento de memorización de habilidades motoras • Apoyo del reaprendizaje • Mejora del rendimiento en la velocidad • Mejora del calentamiento • Mejora de elementos tácticos • Medida de rehabilitación para impedir la atrofia muscular • Superación de trastornos psicovegetativos
EO/EV	<ul style="list-style-type: none"> • Activación psicofísica • Creación, perfeccionamiento y estabilización de la representación motora mental • Aumento de la eficacia del EM 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización del proceso de aprendizaje motor, especialmente en cuanto a la adquisición y mejora de habilidades motoras

Tabla 73. Formas más importantes de entrenamiento psicorregulador y psicomotor y sus posibilidades de utilización en el deporte (de Kremer, 1985, 200-202) (continuación)



Parte V

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO DEPORTIVO



23 Importancia del calentamiento en el deporte

(cf. Weineck, 1990, 450 s.)

Definición

Por calentamiento entendemos todas las medidas que, antes de una carga deportiva –ya sea el entrenamiento o la competición–, sirven para crear un estado de preparación óptimo en términos psicofísicos y coordinativo-cinestésicos, y para prevenir las lesiones.

Con un calentamiento razonable, enfocado hacia la modalidad, se debería crear mejores condiciones de partida para la capacidad de rendimiento neuromuscular, orgánico y anímico-mental, y una mejor disposición al rendimiento por parte del deportista, actuando a la vez en el sentido de una profilaxis óptima de las lesiones.

Tipos de calentamiento

Distinguimos un calentamiento *general* y uno *específico*.

Con el *calentamiento general* tratamos de llevar las posibilidades funcionales del organismo en su conjunto a un nivel alto (Adam/Verjoyanski, 1972, 72). Este proceso se lleva a cabo mediante ejercicios que calientan los grandes grupos musculares (p. ej., carrera introductoria).

Por el contrario, el *calentamiento específico* se practica en la forma propia de cada disciplina, esto es, se ejecutan movimientos que sirven para calentar los músculos relacionados directamente con la modalidad en cuestión.

El calentamiento general debe preceder al específico.

En lo tocante a su realización, el calentamiento puede ser además activo, pasivo, mental o combinado.

En el *calentamiento activo*, el deportista efectúa en la práctica ejercicios y movimientos; en el *mental* se limita a imaginarlos. No obstante, la preparación *mental* sólo tiene sentido con secuencias motoras relativamente sencillas o casi completamente automatizadas (Roloff, 1976, 413).

Realizado de forma aislada, el *calentamiento mental* tiene poco valor en la mayoría de los casos, pues activa los procesos de adaptación característicos del calentamiento sólo de forma parcial y con una intensidad a menudo insuficiente (cf. *infra*). Por el contrario, combinado con métodos de calentamiento activo muestra una gran eficacia en diferentes disciplinas de carácter técnico (p. ej., gimnasia, atletismo).

El *calentamiento pasivo* en forma de duchas calientes, frías, masajes, diatermia, etc., debe figurar en nuestros planes sólo como medida complementaria del calentamiento activo, pues por sí mismo apenas aporta una mejora del rendimiento o una profilaxis suficiente de las lesiones (cf. Devries, 1959, 11).

Mediante *duchas o frías* se consigue un calentamiento sobre todo periférico –con vasodilatación de la piel– y por tanto una distribución difusa de la sangre. De este modo la musculatura que posteriormente tiene que trabajar no se calienta de forma suficiente, no recibe un riego sanguíneo acorde con sus necesidades ni se inicia en el trabajo coordinativo, como ocurre en el caso del calentamiento activo.

Las diferentes formas de masaje tampoco se pueden entender más que como ayudas, ocasionalmente necesarias (p. ej., para distender las contracturas musculares, etc.), del calentamiento propiamente dicho, activo; como muestran los estudios de Roth/Voss/Unverricht (1973, 271), el trabajo muscular activo puede multiplicar por seis el riego sanguíneo; las diferentes formas de masaje, en cambio, consiguen valores sustancialmente menores (el riego sanguíneo se multiplica por 2,3 con el masaje de fricción, por 1,9 con el masaje sensitivo y por 1,52 con el masaje vibratorio).

Por tanto, a la hora de prepararse ante las cargas deportivas, la prioridad corresponde al *calentamiento general* mediante *ejercicios activos* (carrera inicial o similares, ejercicios de estiramiento y relajación, etc.), seguido de un *calentamiento específico*, propio de la disciplina, una *carga previa* y la *carga* propiamente dicha. Los demás procedi-

mientos pueden utilizarse en forma complementaria dependiendo de la modalidad de que se trate.

Fundamentos fisiológicos del calentamiento

Todos los sistemas de regulación biológicos se caracterizan, según Volkov (1976, 460), por una cierta inercia, que varía no obstante para los sistemas y elementos subordinados. Esta desigualdad es responsable de los desajustes temporales al iniciarse el trabajo de los diferentes ciclos funcionales.

Así pues, el calentamiento tiene como tarea, entre otras, el ajuste mutuo entre los diferentes sistemas funcionales que determinan la capacidad de rendimiento del deportista, de forma que el organismo pueda iniciar su trabajo al nivel de su capacidad de rendimiento.

El apartado siguiente tratará del efecto del calentamiento activo sobre los diferentes factores relevantes para el rendimiento, dentro del espectro de las cargas deportivas.

Efectos del calentamiento general activo

El interés primordial del calentamiento general activo, por ejemplo, en forma de carrera de calentamiento, consiste en elevar la temperatura del interior del cuerpo y de los músculos, iniciar el trabajo y preparar el sistema cardiopulmonar para el rendimiento.

En la carrera inicial, el trabajo de los grandes grupos musculares origina una intensa producción de calor. Según Stoboy (1972, 31), unos 15-20 minutos de trote producen un ascenso de la temperatura que llega hasta los 38,5°C aproximadamente en el interior del cuerpo (cf. fig. 421, pág. 578). Este aumento general de la temperatura –el nivel óptimo se sitúa entre 38,5 y 39°C (cf. Israel, 1977, 386)– es decisivo para una serie de parámetros de rendimiento del organismo:

Al alcanzar una *temperatura óptima*, todas las reacciones decisivas para la capacidad de rendimiento motor transcurren con el *grado de eficacia idóneo* (cf. Israel, 1977, 387).

La velocidad de los procesos metabólicos aumenta en correlación directa con la temperatura, de acuerdo con la regla RVT (reacción, velocidad, temperatura): con cada grado

de aumento de temperatura se puede observar un incremento de los procesos metabólicos en torno a un 13 % (cf. Lullies, 1973, 372). El riego sanguíneo de los tejidos se intensifica y optimiza por efecto del calentamiento específico activo, pues éste provoca la apertura y la dilatación de los capilares en el ámbito de la musculatura que posteriormente trabajará; al aumentar el riego mejora el abastecimiento de oxígeno y de sustratos como requisito básico de este tipo de incrementos metabólicos. Paralelamente, el ascenso de la temperatura de los tejidos provoca una activación de las enzimas aeróbicas y anaeróbicas; este fenómeno reviste una especial importancia para el procesamiento de los sustratos. La importancia de semejante aumento de la capacidad enzimática se puede valorar si pensamos que, por ejemplo, en carrera de larga distancia la actividad metabólica normal en condiciones de reposo se puede multiplicar por 20, y en la corta distancia incluso por 200 (cf. Nöcker, 1976, 51).

Todos los procesos vinculados con la aparición de la excitación –cronaxia (tiempo de circulación de una determinada corriente necesario para producir un efecto de estimulación), ascenso del potencial de acción, velocidad de conducción– transcurren con mayor velocidad al aumentar la temperatura. La mayor excitabilidad del sistema nervioso central produce, entre otros fenómenos, un aumento de la velocidad de reacción y de contracción. Una elevación de 2°C en la temperatura corporal provoca una aceleración del 20 % en la velocidad de contracción (cf. Hill, 1956, 165).

Además, la sensibilidad de los receptores sensoriales crece al subir la temperatura de los tejidos del cuerpo, lo cual se refleja sobre todo en la capacidad de rendimiento coordinativo; en efecto, la precisión de los movimientos deportivos depende en gran medida de las informaciones que estos receptores transmiten al sistema nervioso central.

La capacidad de activación de los husos musculares –los receptores más importantes para la motricidad vertebral, que determinan en gran medida la capacidad de rendimiento coordinativo– se pierde con una temperatura del tejido en torno a los 15-20°C y con 27°C se encuentra aún reducida al 50 %. Los receptores principales para la presión y el contacto no reaccionan ante los estímulos aplicados con temperaturas en torno a 5°C. Con una temperatura de 20°C la piel presenta sólo una sexta parte de la sensibilidad que tiene con 35°C. Así pues, el trabajo de calentamiento produce también en este sentido una mejora considerable de la capacidad de rendimiento sensorial y por tanto coordinativo (cf. Stuart/Eldred/Hemingway/Kawamura, 1963; Irving, 1966, 94).

El aumento de la temperatura corporal actúa también en el sentido de la *profilaxis de las lesiones*. El trabajo de calentamiento general activo produce un descenso de las re-

sistencias elásticas y viscosas (que tienen que ver con el fro-tamiento interno). Los músculos ganan elasticidad y capacidad de estiramiento, como también los tendones y ligamentos. De esta forma desciende la propensión a la rotura y por tanto el riesgo de lesiones con movimientos deportivos que cargan al máximo el aparato locomotor activo y pasivo.

El calentamiento general eleva además la capacidad de carga de las articulaciones. La carrera inicial aumenta la producción de líquido sinovial (sinovia = capa interna de la cápsula articular, capacitada para producir “lubricante articular”), de modo que el cartilago articular *hialino* se empapa de líquido e incrementa su grosor. El proceso permite una mejor absorción de las fuerzas de presión y fuerzas cortantes que inciden sobre estas estructuras: la hipertrofia aguda del cartilago provoca una mejor reparto de la presión sobre una superficie de apoyo mayor; así pues, los picos de carga se amortiguan mejor en el ámbito articular.

En modalidades en que el *sistema cardiopulmonar* es un factor limitador del rendimiento, como, por ejemplo, las disciplinas de resistencia, el *calentamiento general activo* activa las magnitudes de rendimiento decisivas, aumentando concretamente los volúmenes cardíaco y respiratorio por unidad de tiempo, así como la cantidad de sangre en circulación. La aceleración o el incremento de estas magnitudes de rendimiento no suele aparecer hasta un cierto tiempo después del arranque, después de iniciado el trabajo. Con cargas prolongadas el estado conocido como *steady state* (expresión que designa el equilibrio entre el consumo y el suministro de energía) no se alcanza hasta pasado un tiempo determinado; la deuda de oxígeno en la que incurrimos al principio no se compensa hasta que el trabajo ha concluido.

En este contexto la tarea del calentamiento consiste sobre todo en mantener este retraso inicial en el nivel mínimo posible, esto es, llevar las magnitudes de rendimiento cardiopulmonares y hemodinámicas a un nivel de partida suficiente y ajustar bien los mecanismos reguladores entre sí.

Si el acoplamiento de estos circuitos reguladores no está suficientemente preparado, pueden aparecer síntomas generales o locales de pérdida de rendimiento: por un lado una fatiga precoz, pues la musculatura que trabaja en la fase inicial de la carga no recibe suficiente oxígeno, trabaja demasiado tiempo de forma aeróbica e incrementa por tanto la tasa de productos ácidos del metabolismo (cf. Jakovlev, 1977, 131), y por otro lado, fenómenos perjudiciales para el rendimiento como la “punzada en el costado” o el “punto muerto”.

En el ámbito psíquico-mental, el calentamiento general activo aumenta también la capacidad de rendimiento y de la disponibilidad del deportista. Se produce una activación

de las estructuras centrales –sobre todo de la *formación reticular*– y por tanto una elevación del nivel de vigilia, que se expresa en un incremento de la atención y sobre todo en una mejora de la percepción óptica. El estado de *vigilia* (condición de estar despierto) acentuado de esta forma incide favorablemente sobre el proceso del aprendizaje de la técnica y sobre la capacidad de rendimiento coordinativo, mejorando la precisión de las acciones motoras (cf. Israel, 1977, 388). Finalmente, el calentamiento correcto e intenso influye positivamente sobre los estados de hiperexcitación y de inhibición (Kozzag, 1976, 272).

Efectos del calentamiento específico activo

El *calentamiento específico activo* supone la *continuación, específica de la modalidad, del calentamiento general activo*, su ampliación más especificada y detallada.

En las modalidades coordinativas la prioridad corresponde a la “inmersión” en los intereses específicos de la modalidad en cuestión. Con los primeros ejercicios, carreras, pedaladas, etc., los automatismos motores de origen reflejo se refrescan una vez más y se adaptan a las condiciones del momento. De esta forma se tiene en cuenta las particularidades del aparato o de la instalación, así como las circunstancias climáticas. Para conseguir una habituación óptima de los reflejos a la secuencia motora técnica de una disciplina deportiva, en el *calentamiento específico* se debería buscar una estructura dinámica y cinemática del ejercicio de calentamiento similar o correspondiente a la del ejercicio final (cf. Kuntoff/Darwich, 1975, 5). El contenido del *calentamiento específico* incluye asimismo un programa de gimnasia específica (ejercicios de estiramiento y de distensión), que sirve para la profilaxis de las lesiones típicas de la modalidad y para el estiramiento previo óptimo de los músculos que trabajan.

En función de las necesidades, el *calentamiento específico* provoca también la redistribución de la sangre que el calentamiento general movilizaba anteriormente desde las zonas de acumulación (fundamentalmente el tracto gastrointestinal); los músculos que trabajan recibe un riego sanguíneo más intenso, abastecido de oxígeno y sustancias ricas en energía que llegan a una temperatura de trabajo idónea. El hecho tiene su importancia, porque un aumento de la temperatura en el interior del cuerpo –que se calcula con gran exactitud mediante la temperatura rectal– no implica necesariamente un aumento de la temperatura muscular. Como se puede ver en la figura 421, la temperatura de los músculos asciende con cierto retraso.

La diferencia de temperatura entre el interior del cuerpo y la musculatura se incrementa notablemente en reposo. La temperatura de las extremidades puede situarse en 5°C por debajo de la del interior del cuerpo, pues la tem-

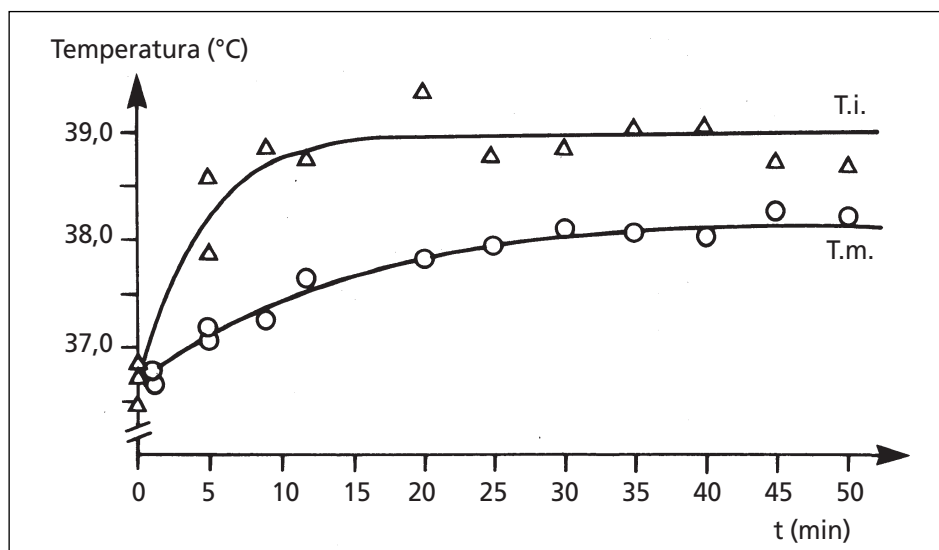


Figura 421. El ascenso de la temperatura del interior del cuerpo (T.i.) y de la temperatura de los músculos (T.m.) en un calentamiento de 30 minutos (modificado de Asmussen/Böje, 1945).

peratura no sólo desciende de dentro hacia fuera, sino también de proximal a distal, de modo que estamos ante una diferencia de temperatura radial y otra axial.

Un aumento de la temperatura corporal apoyado por el calentamiento general activo acelera y estabiliza el trabajo de calentamiento específico, pero no puede sustituirlo. Como apoyo de esta argumentación podemos mencionar el ejemplo del riego sanguíneo de los dedos de las manos; en entornos fríos y calientes encontramos en los dedos variaciones en cuanto al riego sanguíneo que pueden alcanzar una relación de 1:600 (cf. Hensel, 1973, 228). Sólo el *calentamiento específico* puede alcanzar las magnitudes de riego necesarias para un rendimiento de motricidad fina. En procesos reguladores orientados hacia la precisión, como los que se dan en lanzamientos a canasta en baloncesto, pases medidos, etc., la temperatura de trabajo óptima de los dedos desempeña un papel decisivo para la capacidad de rendimiento sensorial y coordinativo.

Así pues, el *calentamiento específico activo* sirve para una preparación óptima, no sólo coordinativa sino también metabólica; la redistribución de la sangre hacia la musculatura de trabajo, con una capilarización paralela y un aumento de la actividad enzimática, habilita la musculatura para producir rendimientos metabólicos máximos. No obstante, la preparación para este rendimiento tiene que ser gradual; el aumento progresivo de la carga y la aproximación al rendimiento deseado a través de la sucesión "activación, fin de la carga, carga plena" son las condiciones básicas de un programa correcto de calentamiento específico.

El correspondiente equipo de ropa (traje de entrenamiento, guantes, etc.) puede favorecer de forma decisiva el calentamiento general y el específico.

Eficacia del calentamiento dependiendo de diferentes factores endógenos y exógenos

Factores endógenos

Calentamiento y edad

El calentamiento se efectúa en todas las edades de acuerdo con los mismos principios básicos –primero calentamiento general, luego específico, etc.–, pero el tiempo y la intensidad que en él se emplean varían con la edad; cuanto mayor es el deportista el calentamiento necesita más prudencia y progresividad, esto es, lentitud, pues el riesgo de lesión es cada vez mayor en el músculo envejecido (menor elasticidad como consecuencia de las alteraciones degenerativas propias de la fisiología de la edad).

El tiempo de calentamiento en personas de más o menos edad puede oscilar entre 10 y 60 minutos (cf. Hollmann/Hettinger, 1980, 549).

En general, en el *ámbito escolar* basta con un tiempo de calentamiento de 5 minutos –que garantiza ya un 50 % del efecto de calentamiento–, pues aquí, por limitaciones temporales y organizativas, no se puede efectuar un calentamiento óptimo sin descuidar otros intereses importantes específicos del deporte escolar.

Calentamiento y estado de entrenamiento

El calentamiento tiene que orientarse, en cuanto a su volumen y su intensidad, en función del estado de entrenamiento del deportista. Así, por ejemplo, un calentamiento demasiado intenso en un deportista poco entrenado puede producir una fatiga tan acentuada que su capacidad de rendimiento empeore en lugar de mejorar, y el riesgo de lesión

nes aumente en lugar de disminuir. Un programa de calentamiento nuevo, inusual, puede originar idénticas consecuencias. Además, el calentamiento tiene que adaptarse a las circunstancias individuales: un deportista “de arranque lento” no calentará de igual forma que uno “de arranque rápido”.

Calentamiento y actitud psíquica

Como se puede observar en varios trabajos (cf. Green, 1972, 412; Massey/Johnsno/Kramer, 1961, 63 s.; Zieschang, 1978, 242, y otros), existen relaciones bidireccionales entre el calentamiento y la motivación o la actitud psíquica frente a la actividad del calentamiento. Así, por un lado, un alto grado de motivación y una actitud fuertemente orientada hacia el rendimiento refuerzan el efecto del calentamiento –entre otros factores, debido a los parámetros psíquicos del “estado previo al arranque”, que prepara el organismo para un mayor rendimiento–, y por otro lado, una actitud negativa limita o anula por completo los beneficios del calentamiento. No obstante, en general –con una situación de partida “neutra”– el calentamiento contribuye a crear un estado de disponibilidad psíquica, provocando un estado de excitación óptimo del sistema nervioso y mejorando por tanto la actitud y la concentración ante el rendimiento deportivo.

Factores exógenos

Calentamiento y momento del día

Durante el sueño las diferentes funciones corporales experimentan una fuerte amortiguación o incluso una desconexión total. Una vez que despertamos pasa un cierto tiempo hasta que dichas funciones vuelven a alcanzar su capacidad de rendimiento máxima. Diferentes tests motores indican que la capacidad de rendimiento corporal aumenta en el transcurso del día (cf. Pettinger, 1968, 115 s.). Por tanto, el calentamiento por la mañana debe practicarse de forma más progresiva y durante más tiempo que en otros momentos del día. Factores adicionales que acortan el tiempo de calentamiento al avanzar el día son el riego sanguíneo creciente de la musculatura y el ascenso de la temperatura del interior del cuerpo, llegando a un punto máximo en torno a las 15:00 horas (Hildebrandt, 1960, citado en Baier/Rompel-Pürckhauer, 1978, 326).

Calentamiento y modalidad deportiva

El calentamiento tiene que enfocarse en función de las necesidades de cada modalidad (parte específica). En las modalidades con exigencias elevadas en cuanto a movilidad y a capacidad de estiramiento, se deberá incluir una

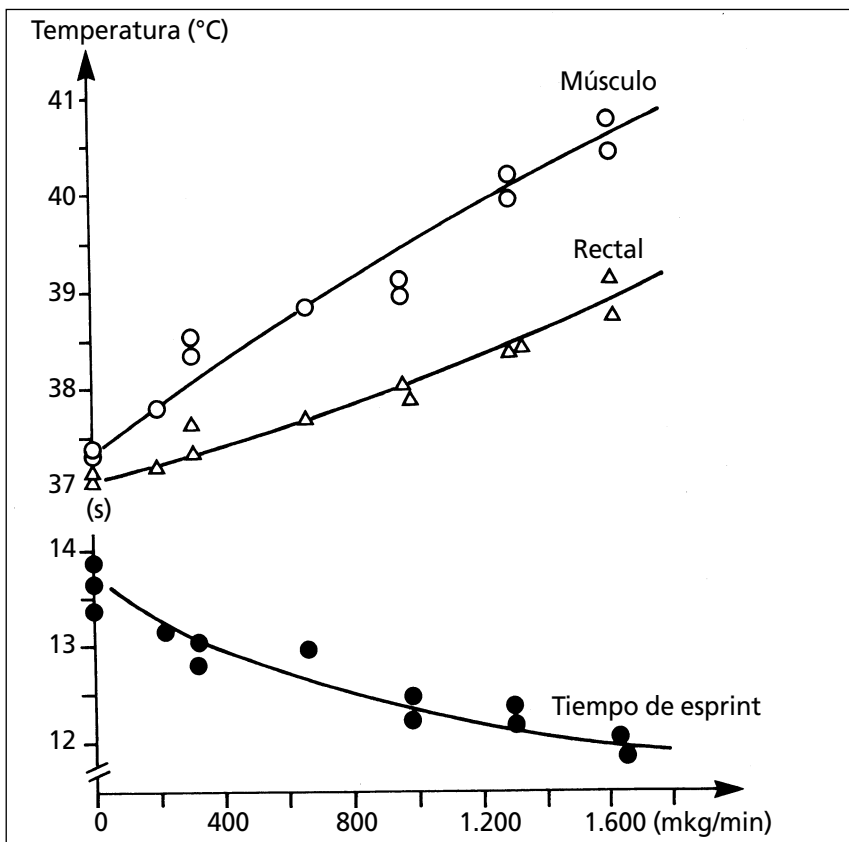


Figura 422. La importancia de la intensidad de la carga en un calentamiento de 30 minutos para el tiempo del esprint de 100 m (de Asmusen/Böje, 1945).

mayor cantidad de ejercicios gimnásticos de estiramiento, y en aquellas con un mayor carácter de resistencia, se incluirán más ejercicios para mejorar la capacidad de rendimiento cardiopulmonar. En cualquier caso se debería utilizar siempre programas de calentamiento normalizados, adaptados a las circunstancias individuales, y cuyo efecto se conozca al detalle.

Antes de las competiciones no se debería efectuar ningún cambio en el método de calentamiento, en la intensidad o en el volumen, pues el resultado podría ser una dosis excesiva o demasiado escasa, con la correspondiente disminución del rendimiento. El calentamiento correcto tiene que basarse en las experiencias prácticas del entrenamiento y de la competición, y debería optimizarse y fijarse dentro de un proceso de desarrollo a largo plazo y de acuerdo con las necesidades individuales.

Como tiempo de calentamiento óptimo, las indicaciones oscilan entre 20 y 45 minutos. En este sentido hemos de tener en cuenta que un deportista de resistencia puro necesita en determinadas circunstancias –todos los parámetros cardiocirculatorios y metabólicos tienen que elevarse hasta su nivel de rendimiento máximo– una preparación más larga que un jugador que en muchos ámbitos motores experimenta cargas submáximas y dentro de un partido dispone de un cierto tiempo para carreras de recuperación.

Como muestra la figura 422, la eficacia del trabajo de calentamiento no sólo depende de la *duración*, sino también de la *intensidad*.

Al aumentar la intensidad del calentamiento, el tiempo de esprint mejora hasta alcanzar un grado óptimo (v. también pág. 578). De esta forma queda clara la necesidad de una carga “previa” suficientemente elevada en las modalidades caracterizadas por la intensidad. No obstante, tenemos que evitar en toda circunstancia un calentamiento demasiado intenso, voluminoso, que limite la capacidad de rendimiento muscular por el efecto de la hiperacidificación.

Calentamiento y temperatura exterior

Al igual que el momento del día condiciona la duración y la intensidad del calentamiento, la temperatura exterior y las condiciones climáticas favorecen u obstaculizan el proceso del calentamiento. Una temperatura exterior elevada ayuda a acortar el tiempo de calentamiento, mientras que la lluvia y el frío lo prolongan.

Momento del calentamiento

La distancia temporal óptima entre el final del calentamiento y el arranque de la competición se suele ubicar entre 10 y 15 minutos, pues la temperatura de los músculos no ha descendido aún después de este tiempo, y se conserva por tanto todo el efecto del trabajo de calentamiento sobre la capacidad de rendimiento deportivo. El efecto de calentamiento se mantiene aún unos 20-30 minutos en un nivel relativamente alto y desaparece por completo a partir de los 45 minutos aproximadamente, momento en que la temperatura de los músculos ha alcanzado ya su nivel de partida.

Valoración del calentamiento a modo de resumen

El objetivo del calentamiento es la mejora de la capacidad de rendimiento deportivo y la prevención de las lesiones. La optimización de los parámetros de rendimiento psicofísicos se busca mediante un calentamiento general y específico.

Dependiendo de la modalidad y de las condiciones individuales se han impuesto diferentes formas de calentamiento o combinaciones de éstas. El cambio de los hábitos de calentamiento no se tiene que producir de forma abrupta, sino de forma progresiva. Sólo a través de la experiencia personal se puede comprobar la forma, la intensidad y el volumen del calentamiento que convienen a cada individuo.

La tabla 74 nos ofrece un resumen de los puntos esenciales del calentamiento previo al entrenamiento y a la competición.

El hecho de que en muchos trabajos se valore de forma diferente el sentido y la eficacia del calentamiento tiene que ver normalmente con análisis efectuados en personas de procedencia heterogénea (mayores/jóvenes; sujetos entrenados/no entrenados), a veces en número insuficiente, en condiciones variadas y con programas de calentamiento inadecuados (cf. Kuhn, 1973, 140; Zieschang, 1978, 244).

La práctica de todas las modalidades muestra que el calentamiento es un componente integrador de una preparación para los rendimientos deportivos de elite, pues contribuye a una redistribución funcional de los parámetros fisiológicos en el sentido de una optimización orientada hacia el rendimiento (v. Israel, 1977, 389).

Definición: Por "calentamiento" entendemos la tarea de preparar el organismo en su conjunto (que antes del entrenamiento o de la competición está capacitado para un rendimiento normal) para un trabajo y un rendimiento más intensos			
Formas	Volumen/intensidad	Proceso	
<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicios multilaterales con carga cambiante de todos los músculos (sinergistas y antagonistas) y con suficientes ejercicios de estiramiento • Ejercicios corporales generales y específicos • Se utilizan de forma combinada elementos motores específicos y no específicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependiendo del estado de entrenamiento del deportista • Dependiendo de la tipología nerviosa: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo flemático = intensos - Tipo nervioso = bajos • Tiempo de trabajo (óptimo): <ul style="list-style-type: none"> - Competición: 20-40 min - Entrenamiento: 15-30 min • Conclusión: 5-10 min antes del inicio de la competición • Duración del efecto: 20-30 min • En caso de interrupción de la competición: mantenimiento pasivo de la temperatura y programa activo breve para preparar el reinicio 	<p>Inicio con ejercicios de todo el cuerpo en progresión creciente (intensidad baja)</p> <ul style="list-style-type: none"> • A continuación, ejercicios específicos de técnica ("ejercicios gimnásticos", "carreras de inicio", "lances de juego") • La intensidad crece de forma progresiva • El programa debe orientarse en sus partes esenciales a la estructura de movimiento específica 	
Efectos del calentamiento			
Reacciones fisiológicas	Mejora física	Mejora psíquica	Reducción de la predisposición a las lesiones
<p>Músculos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relajación y estiramiento • Relajación de contracción • Aumento de la elasticidad <p>Tejido conjuntivo y de sostén:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejor irrigación del tejido, que normalmente presenta un riego sanguíneo escaso o nulo • Mejora de la elasticidad y la movilidad <p>Parámetros cardiovasculares:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento del volumen sistólico y del volumen minuto • Movilización del depósito sanguíneo • Apertura de los capilares <p>Respiración:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eliminación del punto muerto • Aumento de la ventilación pulmonar (frecuencia y profundidad de la respiración) • Eliminar uniones de cortocircuito arteriovenoso <p>Metabolismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la temperatura corporal • Mejora del suministro energético • Mejor eliminación de los productos de desecho 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación a la secuencia motora específica (capacidad de coordinación) • Conseguir una capacidad de reacción óptima • Aumentar la sensibilidad de los receptores • Reducir el umbral de estabilidad de las neuronas 	<p>Favorecer la disposición al rendimiento competitivo, teniendo en cuenta la tipología nerviosa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Creación de un estado de excitación óptimo • Concentración en la tarea principal 	<ul style="list-style-type: none"> • Por la mejora de la elasticidad de músculos, tendones y aparato ligamentario • Por una mayor movilidad en las articulaciones • Por una mayor capacidad de reacción
Mayor rendimiento / mejor tolerancia a la carga			

Tabla 74. Resumen del transcurso y de los efectos del calentamiento en el deporte, antes del entrenamiento y de la competición (de Colectivo de Autores, 1982, 75)



24 Importancia de la recuperación y la regeneración después de la carga deportiva para la optimización del proceso de entrenamiento

Generalidades sobre la fatiga y la regeneración después de la carga deportiva

Dependiendo de los diferentes parámetros de carga, después del entrenamiento deportivo se produce una fatiga más o menos acentuada, incluso un agotamiento. La fatiga precede al agotamiento y constituye una especie de mecanismo protector, que trata de impedir el agotamiento completo de las reservas propias del cuerpo (cf. Viru, 1975, 171 s.). El cuadro de la fatiga surge en un contexto de interacciones complejas entre fatiga periférica y fatiga central.

Aunque en el proceso de entrenamiento los límites de la fatiga se van desplazando en función del efecto de adaptación, la regeneración que se produce tras dicha fatiga adquiere una importancia cada vez mayor. Si prestamos atención sobre todo al lado de la carga y descuidamos los períodos de regeneración, podemos provocar un empobrecimiento insidioso de las reservas energéticas del deportista, y por tanto una caída de su capacidad de rendimiento (v. pág. 595). Así pues, la carga de entrenamiento y la regeneración posterior están estrechamente unidas y se condicionan mutuamente (cf. Talishiov, 1973, 1637; Scheibe, 1979, 47). Además, un sistema racional de carga y recuperación es una de las condiciones más importantes para incrementar la eficacia del entrenamiento (Volkov, 1974, 167). En este contexto hemos de tener en cuenta sobre todo la heterocronicidad (graduación temporal) de la regeneración (v. pág. 29); cuando valoramos el influjo de la carga previa sobre la siguiente, cuando evaluamos la eficacia de una sesión de entrenamiento o de una serie de sesiones (como suma, cf. pág. 31) orientadas hacia diferentes objetivos morfológico-estructurales o energéticos hemos de tener en cuenta en todo momento el influjo selectivo de las cargas de entrenamiento sobre el deportista (Volkov/Lugovzev, 1979, 122).

Desde un punto de vista fisiológico, el enfoque sistemático actual explica el fenómeno de la fatiga basándose en las siguientes causas (cf. Volkov, 1974, 168):

- *Agotamiento de las reservas energéticas*
Con las cargas deportivas, especialmente si son intensas, se produce una pérdida de fosfatos ricos en energía; al aumentar la duración disminuyen las reservas de glucógeno en el músculo, y por tanto, se termina provocando una merma en la intensidad del trabajo y una actitud menos favorable ante éste. Para garantizar la actividad normal del sistema muscular, el contenido de ATP en la fibra muscular tiene que mantenerse en un nivel del 0,25 % aproximadamente de su peso total (Volkov, 1974, 170).
- *Descenso de la actividad enzimática*
La acumulación creciente de productos ácidos del metabolismo provoca un descenso del pH sanguíneo. Si se supera por debajo un determinado grado de acidez –el deportista entrenado tiene en este sentido una tolerancia ante la acidificación mayor que el no entrenado–, se produce una inhibición de los diferentes sistemas enzimáticos participantes en el suministro energético –entre otros, de la miosina ATPasa, que cataliza el metabolismo del ATP en el músculo (Jakovlev, 1978, 513)–, y por tanto una interrupción del trabajo muscular.
- *Trastornos del metabolismo del agua y los electrolitos*
La creciente acidificación del ámbito extracelular e intracelular no sólo produce alteraciones de la actividad enzimática, sino también desplazamientos –en parte asociados a éstas– en el ámbito de las reservas de agua y electrolitos (sobre todo Na, K, Mg, Ca). Las pérdidas de electrolitos (p. ej., a través del sudor) modifican su concentración en el ámbito de la célula, alterando por tanto la excitabilidad del músculo y limitando la capacidad de rendimiento muscular. Ello provoca alteraciones de la homeostasis en el medio interno y trastornos de la regulación funcional nerviosa y hormonal, lo que en términos globales impide una secuencia óptima de los procesos de restitución y de las series de excitaciones necesarios en el trabajo muscular; esta situación se manifiesta finalmente como *fatiga*.

Fundamentos fisiológicos de los procesos de regeneración

Tipos de regeneración

Regeneración continua durante la carga

Dado que el ATP es indispensable como producto energético para la contracción muscular, todos los procesos de restitución tienen como finalidad el mantenimiento constante de este fosfato rico en energía. El trabajo muscular resulta posible mientras esté garantizada la resíntesis de ATP. Si la intensidad de la carga es muy elevada, el suministro energético anaeróbico, poco económico, pasa a desempeñar un papel primordial, con un ascenso creciente del lactato: se produce un acortamiento del tiempo de trabajo y una interrupción de la actividad deportiva. La regeneración continua ocupa un lugar de preferencia en ejercicios con suministro energético aeróbico, esto es, con cargas de intensidad media y larga duración.

Regeneración inmediata después del fin de la carga

En todos los ejercicios de duración relativamente escasa e intensidad elevada (p. ej., carrera de corta y media distancia), esto es, en ejercicios con suministro energético anaeróbico-aláctico (degradación de los fosfatos ricos en energía antes de la aparición del suministro energético anaeróbico, con liberación de lactato; en los adultos alrededor de 7 segundos), anaeróbico-láctico y anaeróbico-aeróbico, la regeneración de las diferentes funciones orgánicas y celulares se produce una vez que ha concluido la carga. Se compensa la deuda de oxígeno que se provocó en un principio y se alcanza de nuevo, poco a poco, la situación de partida anterior a la carga, tanto a nivel orgánico como a nivel celular.

Regeneración posterior continua

Con cargas de resistencia de larga duración se produce un descenso progresivo del glucógeno en el hígado y en los músculos, y una degradación, debida al trabajo, de estructuras proteícas en el ámbito de la célula (enzimas, coenzimas, etc.). Una vez concluida la carga, las reservas de energía consumidas tienen que reponerse y las estructuras proteícas tienen que resintetizarse. Este proceso puede requerir unas horas o unos días. Así, por ejemplo, la regeneración de las reservas energéticas y del equilibrio neuroendocrino en el organismo después de una carga de entrenamiento voluminosa, con un objetivo aeróbico, puede prolongarse durante 2 o 3 días (cf. Volkov, 1974, 170).

Regeneración después de una sobrecarga crónica

Si durante un tiempo prolongado se descuida el equilibrio entre carga y descarga (v. pág. 29), se pueden producir estados de fatiga crónicos con caída del rendimiento. Un estado semejante puede aparecer, según Volkov (1974, 171), después de 2 o 3 semanas de entrenamiento forzado, y para su superación se necesitan días o semanas de descarga.

Duración de la regeneración en función de diferentes factores

En un entrenamiento los diferentes sistemas orgánicos trabajan en diferente medida en función del tipo, el volumen y la intensidad de la carga; en consecuencia, establecemos tiempos de regeneración diferentes para cada uno de los sistemas funcionales.

Dado que en el deporte de elite actual se entrena varias veces al día, para organizar eficazmente el entrenamiento es necesario conocer el tipo de fatiga generado en cada momento y la duración de la regeneración (cf. Keul, 1978, 236).

Tipo de carga

La recuperación aparece con mayor velocidad después de un trabajo muscular dinámico que después de uno estático (v. pág. 283); en el caso de la fatiga, la situación es inversa.

Duración de la carga

Cuanto más se prolonga la carga, más se vacían las reservas energéticas, y mayor tiene que ser la recuperación del déficit energético producido en las reservas del hígado (el glucógeno hepático sirve para regular el azúcar en la sangre) y de los músculos. Un entrenamiento de carrera intenso en el ámbito del "umbral anaeróbico" (v. pág. 156) provoca, según Kindermann (1978, 349), un vaciamiento completo de las reservas de glucógeno en una hora; un entrenamiento menos intenso, en el ámbito del "umbral aeróbico", lo hace en una hora y media o dos horas. La posterior repleción de las reservas dura, con una dieta mixta, unos 3 días, mientras que con una dieta rica en hidratos de carbono el nivel de partida se ha alcanzado ya en 24 horas, situándose claramente por encima del nivel de partida después de 48-72 horas (supercompensación).

Igualmente, los productos energéticos que afectan los sistemas cardiovascular y neurohormonal necesitan un cierto tiempo hasta alcanzar de nuevo o superar su capacidad de rendimiento originaria.

Intensidad de la carga

Cuanto mayor es la intensidad de la carga, más acentuado es el protagonismo del suministro energético anaeróbico con ascenso del lactato y deuda de oxígeno. En este caso, los procesos de regeneración aparecen con mayor fuerza inmediatamente después de la carga. La resíntesis de ATP tiene lugar aquí con gran velocidad (segundos) y la de la fosfocreatina, de forma algo más lenta (minutos). La repleción de las reservas de glucógeno puede durar, como ya hemos mencionado, horas o días: el valor de partida lo alcanza primero el cerebro, después el corazón, a continuación la musculatura y finalmente, con el retraso mayor, el hígado (cf. Danko, 1974, 351). La duración mayor corresponde a la resíntesis de las proteínas (días).

Serie de cargas

Dado que la fatiga muscular reduce la eficacia del entrenamiento y además puede limitar el rendimiento deportivo –pensemos en los entrenamientos de la velocidad, la movilidad, la agilidad, la fuerza o la técnica–, conviene que el entrenamiento tenga en cuenta no sólo los intervalos de recuperación correctos entre los diferentes ejercicios, sino también su sucesión correcta (v. pág. 28). Debido al fenómeno de la heterocronicidad, ya mencionado, los ejercicios deberían seleccionarse de tal manera que, en el proceso de entrenamiento, las cargas corporales de idéntica dirección –p. ej., los trabajos de la fuerza y de la velocidad cargan ambos el metabolismo proteico– delimitasen períodos de tiempo intermedios, en los cuales se podría planear ejercicios cuya carga incida sobre otros procesos de recuperación.

Frecuencia de la carga

La frecuencia de carga óptima se deduce a partir del tiempo de regeneración, con una duración, intensidad y sucesión dadas de los diferentes estímulos de entrenamiento. La próxima fase de carga debe tener lugar en el momento de la supercompensación; de esta manera el entrenamiento consigue un grado máximo de eficacia. Si los próximos estímulos de entrenamiento se aplican demasiado pronto, puede producirse un descenso progresivo de las reservas energéticas y por tanto una pérdida de la capacidad de rendimiento deportivo. Este ejemplo ilustra las estrechas interacciones entre la recuperación, por una parte, y los parámetros de carga, por otra.

Estado de entrenamiento

La optimización del estado de entrenamiento facilita una mejor adaptación a las cargas específicas e inespecí-

ficas. Las alteraciones de la homeostasis debidas al entrenamiento son cada vez menores. La incidencia prolongada de un estímulo sobre el organismo provoca, según Grajevskaja/Ioffe (1973, 439), un debilitamiento progresivo de su fuerza inicial, pues aumenta la capacidad de resistencia de los mecanismos de regulación y de las estructuras celulares y proteicas, y cambian las características físico-químicas de las células. Un estado de entrenamiento bien desarrollado incrementa, por tanto, la estabilidad de las estructuras celulares y subcelulares; dicha estabilidad constituye el fundamento morfológico de una mejor capacidad de adaptación del músculo a los estímulos de carga, y del consiguiente perfeccionamiento de los procesos de regeneración.

Constitución física

El deportista tiene una capacidad de regeneración diferente dependiendo del tipo genético de constitución física. Dicha capacidad puede variar en función de que las cargas sean de resistencia o de velocidad. En relación con las predisposiciones del deportista hemos de recordar la distribución genéticamente dada de la musculatura de contracción lenta y de contracción rápida, con su nivel de asentamiento específico de las capacidades anaeróbica y aeróbica.

Factores ambientales

Los diferentes factores ambientales influyen sobre la regeneración de muchas y variadas maneras. Las exigencias laborales excesivas, preocupaciones personales, carencia de tiempo para la recuperación, etc., obstaculizan los procesos de regeneración en muchos niveles.

De entre las numerosas magnitudes de influjo que entran en este análisis trataremos en el próximo capítulo los problemas de la nutrición y los del sueño. El modo de vida o los hábitos adictivos (sobre todo el tabaco y el alcohol) únicamente serán mencionados y no se los tratará de forma extensa, pese a que suponen un obstáculo muy importante para la capacidad de rendimiento físico y de regeneración del organismo.

Medidas para la regeneración después de la carga deportiva

Las medidas de regeneración se clasifican, según Talishiov (1973, 1637), en medidas:

- pedagógicas,
- médico-biológicas y
- psicológicas.

Las diferentes medidas garantizan una mejora variable de la capacidad de regeneración, y su eficacia se incrementa de forma notable cuando se aplican de forma combinada.

Medidas pedagógicas

Grajevskaja/Ioffe (1973, 441) clasifican las medidas pedagógicas en dos grupos. El primer grupo de factores se centra en una organización racional del entrenamiento en su conjunto e incluye los siguientes puntos:

- Individualización del entrenamiento.
- Organización óptima de macrociclos y microciclos.
- Forma ondulatoria y variabilidad de las cargas.
- Diversidad de las condiciones y de los lugares de entrenamiento.
- Delimitación de ciclos especiales de regeneración.
- Creación de un ritmo estable de vida y de entrenamiento.
- Organización racional de la forma de vida en su conjunto.

El segundo grupo de factores incluye una organización racional de cada sesión de entrenamiento:

- Individualización del calentamiento y de la fase final de la sesión.
- Sucesión racional de ejercicios, teniendo en cuenta la heterocronicidad característica de la fase de regeneración.
- Ejecución de los ejercicios de acuerdo con el principio del descenso de la intensidad y del aumento del volumen; de esta forma se permite una regeneración más acentuada durante el propio entrenamiento.
- Creación de una actitud emocional básica necesaria.
- Tener en cuenta la periodicidad de 24 horas.
- Combinación óptima de carga y recuperación en todas las secciones del proceso de entrenamiento.
- Comportamiento correcto después del final de la carga, como una carrera de relajación suficiente (v. pág. 587).

Medidas médico-biológicas

Las medidas médico-biológicas, ejemplificadas en una nutrición correcta (para más detalles, v. pág. 593), la ingesta de vitaminas y otros preparados farmacológicos, o la aplicación de procedimientos fisioterapéuticos y balneoterapéuticos (masajes, irradiación con rayos ultravioleta, duchas, sauna, baños de aire seco, etc.), plantean los siguientes objetivos en el ámbito de los factores parciales que condicionan la regeneración:

- Mejora de la resistencia del organismo frente a las cargas de entrenamiento y de competición.
- Mejora de la estabilidad frente a influjos específicos e inespecíficos.

- Mejora de la resistencia sanitaria del organismo con las correspondientes medidas de endurecimiento.
- Eliminación óptima de una fatiga general o local con las correspondientes medidas.
- Acortamiento del tiempo de regeneración como posibilidad adicional de incremento del rendimiento.
- Repleción de las reservas energéticas con la mayor velocidad posible, equilibrando las reservas de agua y de electrolitos, sobre todo en las modalidades de resistencia, y la síntesis de proteínas, sobre todo en las modalidades de fuerza.

Este catálogo de objetivos, ciertamente incompleto, muestra la importancia de las medidas de regeneración médico-biológicas para optimizar los procesos de recuperación y para maximizar la eficacia de la organización del entrenamiento (cf. Grajevskaja/Ioffe, 1973, 441).

Medidas psicológicas

Las medidas psicológicas sirven sobre todo para la relajación y la eliminación de factores psíquicos desagradables (tensión prolongada, miedo, etc.).

En este contexto se puede utilizar, por un lado, todos los procedimientos del entrenamiento autógeno y sus formas emparentadas, como relajación muscular profunda, entrenamiento psicotónico, método de relajación activación y terapia activa (v. pág. 553), y, por otro lado, la desensibilización y modificación sistemática del comportamiento (v. pág. 567). Posteriormente se han difundido también los métodos de *biofeedback* para el condicionamiento instrumental de reacciones autónomas y psicológicas (cf. Christen, 1979, 188 s.).

A esto se añaden películas de relajación específicas, terapia del sueño, etc.

En una breve digresión trataremos aquí, en términos muy generales, sobre la importancia que reviste el sueño, pues en el ritmo del día le corresponde un papel decisivo para la recuperación y la regeneración del individuo.

Digresión sobre la importancia del sueño para la regeneración

Durante el sueño se extiende por la corteza cerebral una inhibición protectora cuyo efecto es una regeneración de las células del cerebro. Se expulsan los residuos del metabolismo y se protege la corteza cerebral frente a las sobrecargas (Harre, 1976, 265).

El sueño sano se caracteriza por un grado determinado de profundidad y por su aparición rápida. El sueño y la relajación son esenciales para la regeneración del organismo y determinantes para la capacidad de rendimiento fisiológico.

co y mental (cf. Keul, 1973, 33). El valor de un sueño suficiente en el proceso del entrenamiento se deduce por el solo hecho de que la hormona del crecimiento, muy importante en el adulto para la regeneración y el crecimiento celulares, se segrega durante el sueño (Keul, 1978, 243). Los trastornos del sueño pueden obstaculizar la secreción de esta hormona y por tanto la capacidad de recuperación; por otra parte, pueden valorarse como indicio o como factor concomitante de un estado de sobreentrenamiento.

La importancia del sueño para el deporte de rendimiento se puede deducir de los estudios de Ehrenstein (1972, 153 s.). De acuerdo con este autor, la privación prolongada del sueño produce un cansancio recurrente en el ritmo del día, que después de 48-72 horas se convierte en una pulsión por dormir apenas controlable, asociada a debilidad y pérdida de tono de la musculatura, incapacidad para concentrarse y estados de irritación.

El paso de la vigilia durante el día al sueño durante la noche se encuentra, según Ehrenstein, plenamente consolidado en la edad juvenil, y es un factor determinante para la capacidad de rendimiento. En cambio, la pérdida de rendimiento de la persona mayor está asociada con una disminución de la periodicidad de 24 horas en el ritmo de sueño y vigilia, con un sueño ligero y fases frecuentes de vigilia durante la noche, y con períodos de mayor cansancio durante el día.

También es importante para el deportista el problema del sueño durante el día y durante la noche, tal como se refleja en los cambios del ritmo circadiano después de un vuelo para competir en países con un huso horario diferente. El déficit de sueño puede aparecer fácilmente con el sueño de día, pues éste se caracteriza, según Ehrenstein, por la carencia de sueño ligero, por un cierto déficit de sueño paradójico o sueño REM (de movimientos oculares rápidos) (en el transcurso de la noche los ciclos de sueño normal y paradójico se repiten entre cuatro y cinco veces; su privación origina, después de un cierto tiempo, estados anímicos de malhumor e irritabilidad), por una tendencia a despertarse ocasionalmente y por una dificultad de recuperar el sueño.

Así pues, en el caso de los vuelos intercontinentales hemos de tener en cuenta que, en función de la diferencia de horario, necesitaremos un período de adaptación más o menos prolongado. En el caso de una competición en Tokio, por ejemplo, el viaje se debería efectuar con un mínimo de una semana de antelación.

A esto se añade, con el cambio de zonas horarias, el llamado “efecto de la primera noche”, caracterizado por episodios de vigilia frecuentes, una carencia de sueño paradójico y dificultades para conciliar el sueño (Ehrenstein, 1972, 155). Por este motivo el deportista debería encon-

trarse en el lugar de la competición 2 días antes de la competición.

Los estudios de Copes/Rosentswieg (1972, 47 s.) muestran la especial importancia que reviste el sueño para el deportista; en un experimento de privación de sueño se pudo observar pérdidas significativas en la eficacia de las principales cualidades motoras: agilidad, resistencia, velocidad, fuerza rápida, etc.

Tipos de medidas de regeneración

Medidas de recuperación activas y pasivas

Dentro de las diferentes medidas de regeneración parece razonable subdividirlas en medidas *activas* (p. ej., carrera de relajación) y *pasivas* (p. ej., masaje, sauna, baños, etc.), pues su eficacia tiene que valorarse de forma diferente. Roth/Voss/Unverricht (1973, 271 s.) han podido mostrar que el trabajo muscular dinámico multiplicaba por seis el riego sanguíneo –responsable de la evacuación rápida de residuos del metabolismo–, mientras que las diferentes formas de masaje conseguían en este aspecto valores significativamente inferiores (v. pág. 576). Igualmente, Kindermann (1978, 352) pudo constatar que por ejemplo, un nivel elevado de lactato en sangre (por el efecto de tres carreras de velocidad constante) descendía, después de una pausa activa de media hora con carreras de relajación, de forma bastante más rápida que con un comportamiento de recuperación pasivo (reposo). Estos resultados subrayan la importancia de la carrera (gimnasia, o similares) de relajación después del entrenamiento o de la competición.

Sólo con una regeneración acelerada se puede efectuar varias sesiones de entrenamiento al día de forma óptima para mejorar la capacidad de rendimiento deportivo.

No obstante, las *medidas pasivas* se deberían utilizar a modo de complemento o con una indicación puntual (masajes de relajación, etc.). Las medidas de recuperación pasivas se necesitan sobre todo en casos de recuperaciones lentas, después de cargas agotadoras; en cualquier caso conviene prestar atención al aprovechamiento total del sueño nocturno, pues el restablecimiento se produce en él en su mayor parte por sí mismo (Jakovlev, 1978, 516).

Medidas de regeneración locales y generales

En el caso de una fatiga *local* se recomiendan más medidas locales de recuperación y regeneración (como, p. ej., masaje).

Por el contrario, la fatiga *general* requiere medidas activadoras del organismo en su conjunto (como, p. ej., sauna,

baños de temperatura alterna). La eficacia de las medidas locales se mejora con la aplicación previa de herramientas más generales, de todo el cuerpo.

El problema de la adaptación a los métodos y medidas de la regeneración

El organismo del deportista se adapta a los métodos y medidas de la regeneración de la misma forma que lo hace ante la carga. Por este motivo se recomienda alternar las medidas, métodos y dosificaciones, combinándolos y variándolos (Talishiov, 1973, 1637).

Criterios para evaluar el éxito de la regeneración

Sobre las medidas de regeneración nos pueden informar varios parámetros *subjetivos*, como, por ejemplo, las declaraciones del propio deportista sobre su sensación de bienestar, disposición al rendimiento, situación corporal y mental, y otros *objetivos*, como el seguimiento con la ayuda de aparatos médicos y el registro de los componentes de la regeneración en el sistema cardiopulmonar o en el humoral.

Una información muy útil la proporciona también la dinámica del desarrollo del rendimiento físico; las fases de estagnación o de retroceso pueden, en determinadas cir-

Sobreentrenamiento de Basedow (simpát.)	Sobreentrenamiento de Addison (parasimpát.)
Ligera propensión a la fatiga	Ligera propensión a la fatiga (anormal)
Excitación	Inhibición
Trastornos del sueño	Sueño normal
Pérdida de apetito	Apetito normal
Pérdida de peso corporal	Peso corporal constante
Tendencia a la sudoración, sudoración nocturna, manos húmedas	Termorregulación normal
Halo alrededor de los ojos, palidez	–
Tendencia al dolor de cabeza	Cabeza despejada
Palpitaciones, presión intracardíaca, pinchazos en el corazón	–
Aceleración del pulso en reposo	Bradycardia
Metabolismo básico acelerado	Metabolismo básico normal
Temperatura corporal ligeramente elevada	Temperatura corporal normal
Dermografismo rojo marcado	–
Retraso en la recuperación de la frecuencia cardíaca normal después de la carga	Retorno rápido del pulso después de la carga
Tensión arterial no característica	Bajo carga, y después de ésta, la tensión arterial diastólica a menudo es superior a 100 mm Hg
Hiperpnea anormal bajo carga	Sin dificultades respiratorias
Hipersensibilidad frente a los estímulos sensoriales (sobre todo de tipo acústico)	–
Secuencia motora poco coordinada, a menudo excesiva	Baja coordinación de movimientos (sólo con intensidad de carga elevada)
Tiempo de reacción acortado, si bien muchas reacciones son erróneas	Tiempo de reacción normal o prolongado
Temblores	–
Retraso de la recuperación	Capacidad de recuperación buena o muy buena
Inquietud interior, ligera excitabilidad, irritación, depresión	Flema, estado anímico normal

Tabla 75. Síntomas y señales de las formas de manifestación del sobreentrenamiento (de Israel, 1976, 2)

cunstances, ser un indicio de que la recuperación ha sido incompleta.

Sobreentrenamiento

Como consecuencia del descuido de la recuperación pueden aparecer síndromes de sobrecarga crónica de naturaleza diferente, tanto en el ámbito físico como en el psíquico, que se pueden incluir en la denominación de “sobreentrenamiento”. Entendemos por sobreentrenamiento una exigencia excesiva debida a la suma de estímulos excesivos: entrenamiento demasiado duro, sobrecarga en la vida laboral y privada, carencia de sueño, nutrición errónea y otras magnitudes de distorsión (cf. Keul, 1978, 238; Findeisen/Linke/Pickenhain, 1976, 248; Israel, 1976, 1 s.). En el ámbito del propio entrenamiento deportivo, las causas pueden ser:

- Incremento demasiado rápido de la cantidad y la intensidad del entrenamiento.

- Trabajo técnico forzado o excesivo de secuencias motoras difíciles.
- Unilateralidad pronunciada de los métodos y contenidos de entrenamiento.
- Acumulación de competiciones, con intervalos de recuperación insuficientes.

Básicamente se distingue un sobreentrenamiento *de Basedow* (simpaticotónico) y otro *de Addison* (parasimpaticotónico). La tabla 75 nos proporciona una visión global de los síntomas de estas dos formas del sobreentrenamiento.

El sobreentrenamiento *de Basedow* se caracteriza por el predominio de los procesos de excitación y estimulación. La recuperación después de la carga es insuficiente y aparece con retraso (Findeisen/Linke/Pickenhain, 1976, 248). Esta forma de sobreentrenamiento resulta fácil de diagnosticar, pues el deportista se siente enfermo y presenta un amplio número de síntomas indicadores.

El sobreentrenamiento *de Addison* se caracteriza por el predominio de las funciones inhibitoras, la debilidad corporal y la ausencia de iniciativa. El deportista es incapaz de

Sobreentrenamiento de Basedow	Sobreentrenamiento de Addison
Desconexión de todos los factores sociales y biológicos que favorecen la aparición del sobreentrenamiento	
Reducción considerable del entrenamiento específico; resistencia de base, sin intensidad; en casos graves, paso a la recuperación activa: natación, juegos divertidos, gimnasia ligera de relajación	Reducción del volumen de entrenamiento; entrenamiento alternante, entrenamiento interválico con (pocos) episodios muy intensos; juegos, gimnasia (ejercicios de relajación, también de fuerza rápida)
Cambio de entorno aconsejable (media montaña)	Posible cambio de entorno (clima más estimulante, mar)
Ligera irradiación de rayos UV	Estímulos lumínicos y climáticos
Masaje ligero, baños con temperatura ambiente, con aditivos (bromo, valeriana y otros)	Medidas hidroterapéuticas drásticas (chorro de estimulación y similares), Baños de CO ₂
Utilización moderada de la sauna	Utilización breve y drástica de la sauna, intercalando aplicaciones de agua fría
Nutrición rica y completa; dieta básica, con el añadido de preparados polivitamínicos (A, B, C); posibilidad de remedios digestivos y de psicofármacos; sedantes, reconstituyentes, alcohol en pequeñas dosis (digestivo, sedante), somníferos	Nutrición completa, correspondiente al gasto energético: acidificante, rica en vitaminas y en proteínas no más de 2 g de proteína/kg de peso corporal
Psicoterapia: tranquilizante, relajante	Sin medicamentos; café de grano (~ 0,2 g de cafeína)
	Psicoterapia: de activación

Tabla 76. Medidas para el tratamiento del sobreentrenamiento (de Israel, 1976, 8)

movilizar las energías que exige la competición deportiva. Esta forma de sobreentrenamiento suele ser difícil de reconocer, pues en condiciones de reposo no suelen aparecer trastornos y su comienzo tiene un carácter insidioso (cf. Israel, 1976, 2).

En la tabla 76 figura una serie de *medidas* para superar ambas formas de sobreentrenamiento.

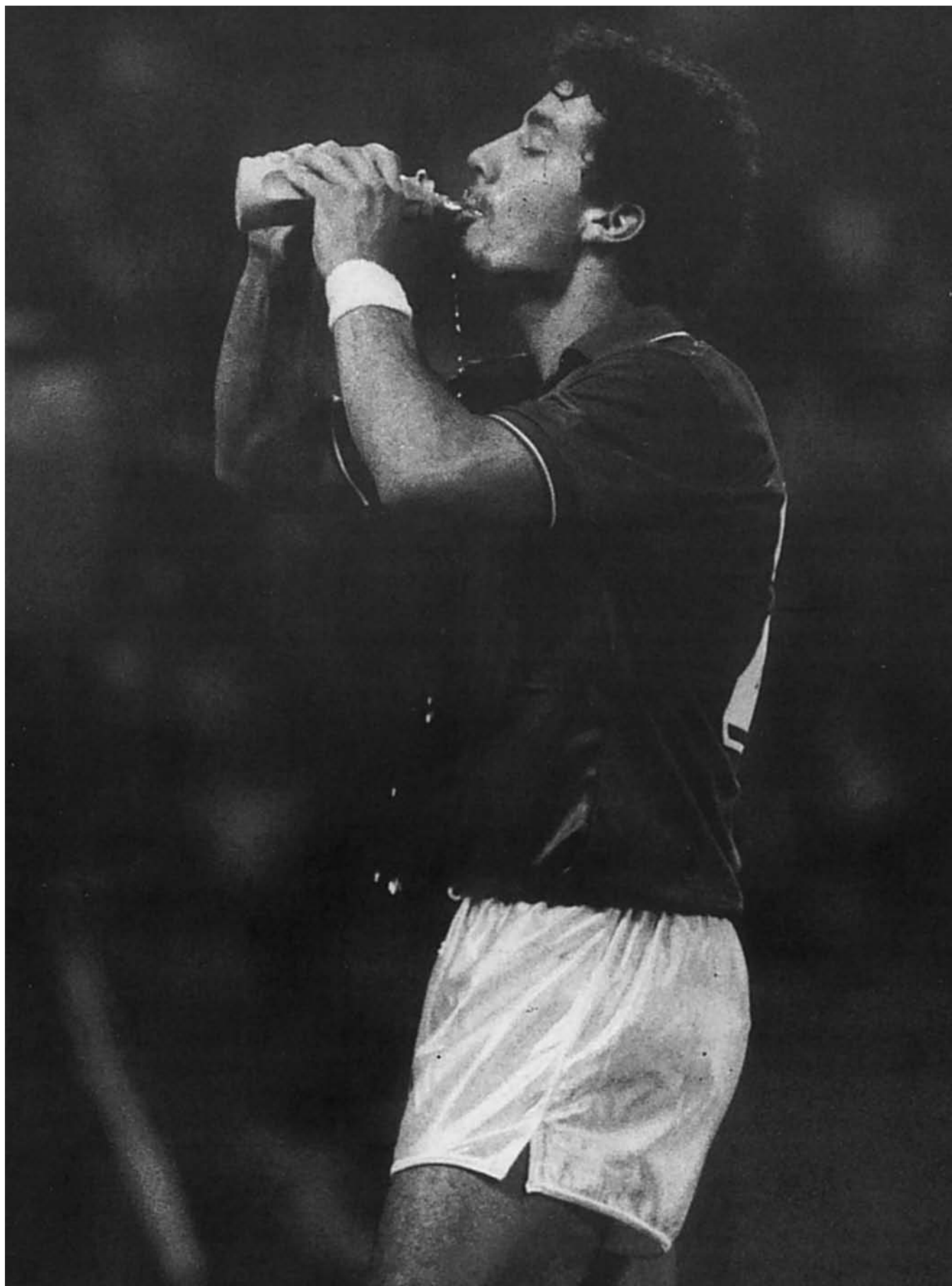
El sobreentrenamiento *de Basedow* se suele eliminar por completo, con el correspondiente tratamiento, en el plazo de 1 o 2 semanas. Una vez que desaparece el cuadro sintomático y vuelve la sensación de bienestar, se puede retomar el entrenamiento específico. Para evitar recaídas se recomienda incrementar a continuación la carga de forma progresiva.

El sobreentrenamiento *de Addison* se puede superar en plazos de semanas y meses. Después de retomar el entrenamiento específico, no se debería alcanzar la cuantía originaria de la carga hasta pasadas unas 6 semanas (citado casi literal de Israel, 1976, 9).

Planteamiento general resumido sobre de la importancia de la recuperación y la regeneración en el proceso del entrenamiento a largo plazo:

La estrecha vinculación dialéctica entre carga y regeneración nos impele a tomar en consideración cada vez con más detalle no sólo la carga, sino también la recuperación, sobre todo en el deporte de elite, con sus extraordinarias exigencias en cuanto a volumen e intensidad de los estímulos de entrenamiento. La mejora de la capacidad de rendimiento en el deporte de elite sólo parece posible si se utilizan de forma selectiva todos los métodos y medidas de regeneración, generales y específicos, pues los métodos y medidas del entrenamiento actual han sido desarrollados de forma óptima y apenas resulta ya imaginable un nuevo incremento del volumen y la intensidad.





25 La nutrición del deportista

El propósito de la nutrición es compensar, mediante el correspondiente aporte, el consumo de energía y sustancias vitales debido al *metabolismo basal* (metabolismo de mantenimiento) y al *metabolismo de rendimiento* (incremento del metabolismo debido a la actividad corporal). En el deportista esta compensación tiene que producirse en un grado pleno, pues los rendimientos máximos sólo se consiguen sobre la base de un entrenamiento y una nutrición óptimos.

La nutrición mantiene cinco equilibrios energéticos: el equilibrio de calorías, el equilibrio de nutrientes, el equilibrio del metabolismo mineral, el equilibrio de vitaminas y el equilibrio de líquidos.

Equilibrio de calorías

El equilibrio de calorías incluye el consumo energético por combustión de hidratos de carbono, lípidos y proteínas y su restitución a través de la ingesta de alimentos. El valor calorífico de un gramo de hidratos de carbono se sitúa en 17,22 kJ; el de un gramo de proteína en 4,1 kcal, y el de un gramo de lípidos en torno a los 36,9 kJ o 9 kcal. Para el *metabolismo energético* interesan sobre todo los hidratos de carbono y los lípidos, y para el *metabolismo anaeróbico*, sobre todo las proteínas. En la ingesta y el procesamiento de los alimentos se producen pérdidas de energía debidas al *efecto específico-dinámico* de los alimentos y al *trabajo digestivo*. Por *efecto específico-dinámico* entendemos la pérdida calórica que resulta de la misma ingesta de alimentos y de la degradación y resíntesis de los nutrientes; para las proteínas se sitúa en torno al 22 % –lo que explica las dietas proteínicas planteadas para adelgazar–; para los hidratos de carbono, en el 8 %, y para las grasas, en el 4 % (Donath/Schüler, 1972, 23). Con una dieta mixta hemos de contar con un promedio de pérdida alrededor del 10 %.

Así pues, para asignar un valor real a los alimentos ingeridos y calcular el aporte calórico que necesitamos, he-

mos de tener en cuenta las pérdidas debidas al efecto específico-dinámico y al trabajo digestivo (que se sitúan en torno al 10 %).

El equilibrio de calorías está determinado por el *metabolismo basal* (MB), en el cual el 60 % aproximadamente se necesita para la producción de calor, esto es, para mantener constante la temperatura corporal, y por el *metabolismo de rendimiento*, esto es, las necesidades energéticas para los rendimientos corporales que van más allá del metabolismo basal.

Metabolismo basal

El metabolismo basal se sitúa en el varón en torno a los 4,2 kJ o 1 kcal por hora y por kilogramo de peso corporal. En una fórmula simplificada resulta por tanto: $\text{metabolismo basal (en kcal)} = \text{peso corporal (kg)} \times 24 \text{ (horas)}$. Las mujeres necesitan un 5-10 % menos, pues la mayor presencia de tejido graso subcutáneo proporciona un mejor aislamiento térmico, con menor pérdida de calor.

Metabolismo de rendimiento

El metabolismo de rendimiento alcanza un nivel variable dependiendo de la intensidad y la duración (tabla 77).

Equilibrio de nutrientes

El equilibrio de nutrientes tiene que ver con la relación correcta entre hidratos de carbono, grasas y proteínas ingeridos en la alimentación. Con una dieta mixta normal, la distribución de los nutrientes se sitúa aproximadamente en el 60 % de hidratos de carbono, 25 % de grasas y 15 % de proteínas.

En el deportista de fuerza, esta relación se debería desplazar en la dirección de un aumento de las proteínas, y en el deportista de resistencia, la tendencia sería un aumento de los hidratos de carbono.

Modalidad	kJ y kcal/kg/hora
Esquí de fondo a 9 km/hora	37,8 y 9,0
Natación a 3 km/hora	44,94 y 10,7
Lucha	51,66 y 12,3
Badminton	52,92 y 12,6
Ciclismo a 43 km/hora	65,94 y 15,7
Esquí de fondo a 15,3 km/hora	80,22 y 19,1
Balonmano	81,06 y 19,3
Carrera a 9 km/hora	39,90 y 9,5
Carrera a 12 km/hora	45,36 y 10,8
Carrera a 15 km/hora	50,82 y 12,1
Carrera a 17 km/hora	60,06 y 14,3

Tabla 77. Metabolismos energéticos con diferentes rendimientos deportivos (de Stegmann, 1971, 67)

Para que se consolide la masa muscular el deportista de fuerza necesita una oferta suficiente de proteína (hasta 3 g por kg de peso corporal). En cualquier caso, el deportista de resistencia necesita también un aporte proteínico suficiente.

Esto se explica porque las proteínas no sólo sirven para la consolidación y el mantenimiento de las estructuras musculares, sino también para la síntesis de hormonas y sistemas enzimáticos, que constan casi exclusivamente de proteínas (cf. Nöcker, 1974, 41). Dado que las cargas corporales de larga duración producen un mayor desgaste en los elementos contráctiles, cambios estructurales más intensos en la membrana celular y en las mitocondrias y una mayor inactivación de enzimas y hormonas, el deportista de resistencia necesitará también una cantidad elevada de proteína.

Tanto al deportista de resistencia como al de fuerza le interesa disponer con la mayor velocidad posible de hidratos de carbono y proteínas después del entrenamiento, para permitir la recuperación rápida de las reservas energéticas que se han degradado y la síntesis de aminoácidos (elementos mínimos de la proteína) en las estructuras celulares de la musculatura de trabajo. Con una nutrición rica en hidratos de carbono, el 50 % aproximadamente de los productos energéticos consumidos, en especial el glucógeno, se ha sintetizado de nuevo en el músculo al cabo de 5 horas (cf. Kindermann, 1978, 350). De igual forma, la síntesis de proteínas aumenta inmediatamente después de la carga de entrenamiento. De acuerdo con Donath/Schüller (1972) distinguimos una fase de restitución rápida (desde el fin de la carga hasta las 10 horas más o menos) y una más lenta (desde las 10 horas hasta las 48 horas más o menos) (cf. Haralambie/Keul, 1971, 1979a; Haralambie, 1972, 279).

Si la nutrición es baja en calorías durante el período de entrenamiento, o después de cada carga, o bien no presenta la relación adecuada de nutrientes, puede producirse una caída de la capacidad de rendimiento y un estado de sobreentrenamiento (v. pág. 589). La figura 423 ilustra esta situación.

Importancia de una nutrición rica en hidratos de carbono para la capacidad de rendimiento del deportista de resistencia y de modalidades de juego

Para conseguir un efecto de entrenamiento óptimo no sólo se debería trabajar con la intensidad y el volumen necesarios, sino también cuidar la nutrición para maximizar el entrenamiento. En los deportistas de resistencia –y los jugadores, en tanto que practicantes de “modalidades mixtas”, pertenecen a esta categoría–, la nutrición desempeña un papel extraordinariamente importante, pues determina en una buena parte el éxito de las medidas de entrenamiento aplicadas.

Mientras que en reposo el suministro energético se produce en un 50 % a través de las grasas y en un 50 % a través de los hidratos de carbono, al aumentar la carga aumenta la combustión de hidratos de carbono al tiempo que disminuye la combustión de grasas. Finalmente, con cargas muy elevadas se utilizan sólo los hidratos de carbono (cf. Jacobs, 1988, 23). Un gran número de estudios muestran que la capacidad de rendimiento en resistencia, esto es, la capacidad para soportar de forma repetida cargas intensas durante un período de tiempo prolongado, está condicionada en gran medida por el nivel de las reservas de glucógeno muscular (cf. Bergström y cols., 1967, 140; Saltin, 1973, 137; Maughan/Poole, 1981, 211; Sherman/Costill, 1984, 445; Kirkendall y cols., 1987, 36; Couyle/Cogan, 1989, 59; Jakeman/Palfreeman, 1989, 8). Como han mostrado los estudios de Hermansen/Hultman/Saltin (1967, 129), la capacidad de rendimiento en resistencia en ámbitos de intensidad del 60-85 % del consumo máximo de oxígeno (en las modalidades de juego dicho consumo se sitúa en torno al 80 %) está en correlación directa con la cuantía de las reservas de glucógeno intramusculares.

Las modalidades de resistencia y de juego, por la estructura característica de sus cargas, son actividades que vacían de forma pronunciada las reservas de glucógeno (cf. Agnevik, 1970; Saltin, 1973, 1376). Así, por ejemplo, en fútbol se produce un cambio de dirección o de ritmo cada 5 o 6 segundos, y cada 90 segundos un esprint de unos 15 metros (cf. Reilly/Thomas, 1976, 87 s.).

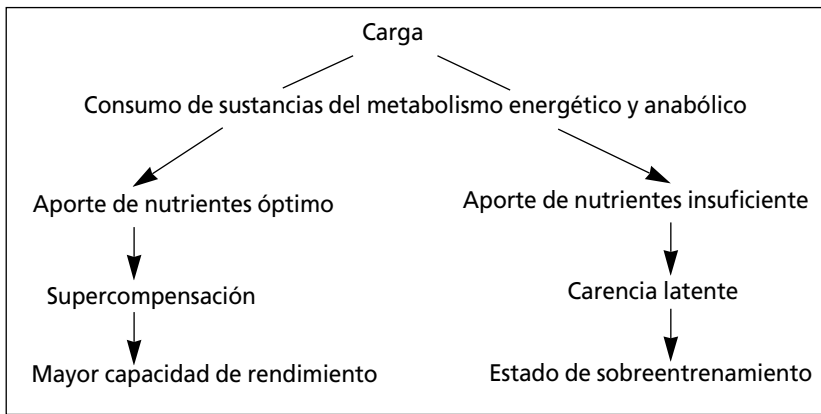


Figura 423. Cambios en la capacidad de rendimiento deportivo dependiendo del tipo de nutrición.

Por este motivo, la cantidad de glucógeno almacenada en la musculatura y en el hígado supone un factor de limitación del rendimiento importante para el deportista de resistencia y para el jugador. Cuando disminuyen las reservas de glucógeno, descienden la resistencia, la fuerza, la fuerza rápida y los rendimientos de esprint (cf. Jacobs y cols., 1981; Maughan/Poole, 1981; Heigenhauser y cols., 1983; Young/Davies, 1984; Greenhauf y cols., 1987). Dos o tres días después de un entrenamiento duro la fuerza dinámica y la estática siguen mostrando un descenso, incluso cuando las reservas de glucógeno están a punto de recuperarse (cf. Young/Davies, 1984; Sherman y cols., 1984; Jacobs, 1987).

Atención: con un nivel de glucógeno bajo la caída de la fuerza es aún más pronunciada.

Saltin (1973, 137), al igual que Kirkendall y cols. (1987, 37/38), ha podido mostrar que los jugadores con niveles de glucógeno más elevados recorren una distancia en carrera mayor, sobre todo en la segunda mitad, y el número de intervenciones intensas (arranques, desmarques) aumenta en los jugadores entrenados en resistencia. Los deportistas de elite que ensayan todos los días de forma intensa –nos referimos especialmente a deportistas de resistencia y a jugadores que entrenan como profesionales, efectuando casi todos los días entre una y tres sesiones de entrenamiento– tienen que cuidar especialmente, dada la cuantía de sus necesidades energéticas, la reposición suficiente de las reservas de glucógeno consumidas, en términos cualitativos y cuantitativos. Los estudios de Costill y cols. (1971, 834 s.) muestran que, después de cargas intensas en el entrenamiento y en la competición, las reservas de glucógeno no se pueden recuperar en una noche con una dieta mixta normal; la única posibilidad de conseguirlo en este tiempo es mediante una dieta rica en hidratos de carbono.

Con un entrenamiento de 2 horas al día en 3 días sucesivos, las reservas de glucógeno vacías sólo se recuperan en 24 horas si el 70 % de la ingesta de calorías consiste en hidratos de carbono, pero no ocurre así si dicho porcentaje se queda en el 40 %.

Por tanto, unos 600 g de hidratos de carbono, correspondiendo al 65-70 % de la ingesta de calorías, deberían ser suficientes para evitar una caída del glucógeno en el período de competición (cf. Costill y cols., 1981, 1.831).

A pesar de esta realidad, expuesta aquí y conocida desde hace mucho tiempo, observamos una y otra vez errores en lo tocante a una nutrición suficientemente rica en hidratos de carbono, incluso en deportistas del máximo nivel. La convicción de que una chuleta y una ración de ensalada proporcionan más fuerza para el entrenamiento o la competición que ninguna otra combinación de alimentos parece imposible de erradicar. Los estudios de Schnitzer/Kirchrath (1978, 3/4), Jacobs y cols. (1982, 297) y Sarris (1990, 6) muestran que, por ejemplo, los futbolistas consumen una cantidad demasiado escasa de hidratos de carbono en su dieta. El porcentaje de hidratos de carbono es inferior al 50 %, aunque debería situarse en un 55-60 % como mínimo, y en casos individuales (entrenamiento intenso y voluminoso, partido difícil, partidos de un torneo) aumentar hasta un 65-70 %. Como consecuencia, sus reservas de glucógeno no se han repuesto después de 48 horas, en la antesala del próximo entrenamiento o del próximo partido.

Equilibrio de líquidos

El agua del cuerpo supone en el ser humano el 50-70 % del peso corporal, dependiendo del porcentaje de materia grasa (Gebert, 1978, 159). El mantenimiento de las reservas de agua y de electrolitos (estas últimas están estrechamente vinculadas a las de agua, siendo los electrolitos más importantes el sodio, el potasio y el cloruro [v. pág. 596]) reviste una importancia máxima, pues el agua cumple una amplia serie de funciones para el organismo:

- El agua es un componente estructural de las macromoléculas.
- Hace de disolvente para las sustancias de bajo peso molecular.

- El agua desempeña un papel importante en la regulación térmica (entre otras funciones, a través de la sudoración).
- El agua se necesita en muchas reacciones enzimáticas.

Una pérdida acentuada de agua y electrolitos va asociada –y ello interesa sobre todo al deportista de elite– a una serie de factores físicos y psíquicos que hacen disminuir el rendimiento:

- Reducción del volumen sistólico del corazón con ascenso de la frecuencia cardíaca (Saltin 1964, 1125 s.).
- Aumento más rápido de la temperatura corporal y consiguiente empeoramiento de la regulación térmica (Buskirk y cols., 1958, 189 s.).
- Sensación de fatiga con tendencia a la interrupción de la carga (Costill y cols., 1976, 6 s.).

El aporte suficiente de agua y electrolitos es fundamental para el deportista para mantener su capacidad de rendimiento durante la carga y para abreviar el tiempo de regeneración después de ésta (Kindermann, 1978, 352).

En este sentido, el aporte de líquido sin electrolitos es tan erróneo como el de electrolitos sin agua (p. ej. mediante pastillas de sal). En el primer caso se produce una rápida excreción del agua a través de los riñones, pues el organismo no puede retener el agua sin electrolitos (en caso extremo se puede producir incluso una intoxicación por agua); en el segundo caso se excretan los electrolitos excedentes, proceso en el que se pierde agua de forma involuntaria.

Como resumen podemos afirmar que la nutrición (asociada al correspondiente entrenamiento) sólo mejora la capacidad de rendimiento del deportista si se mantienen en un equilibrio óptimo los cinco equilibrios energéticos de la nutrición.

Para la práctica del entrenamiento se recomienda la siguiente serie de compensaciones después de cada sesión: a) reposición de líquido y electrolitos; b) reposición de las reservas energéticas vacías, y c) aporte de proteínas para la reconstrucción de las estructuras (cf. Scheibe, 1979, 48).

Equilibrio del metabolismo mineral

Los minerales (los más importantes son el sodio, potasio, cloruro, calcio, magnesio, fósforo y hierro) son sustancias elementales que participan en grados diferentes en la composición del cuerpo y en las funciones del aparato locomotor activo.

Las pérdidas debidas a las actividades deportivas se deben compensar cuidadosamente para preservar la capacidad funcional del organismo, y por tanto la capacidad de rendimiento corporal del deportista. Ilustraremos brevemente la importancia de los minerales con el ejemplo de algunos de sus representantes más relevantes.

Sodio, cloruro y potasio

El sodio y el cloruro se encuentran sobre todo en los líquidos del organismo (sangre, líquido intersticial), esto es, fuera de las células, mientras que el potasio se encuentra sobre todo en el interior de las células. Las diferencias de concentración intracelular y extracelular de estas sustancias son importantes, entre otros factores, para la excitabilidad de la célula muscular. Si durante una carga deportiva intensa y prolongada se producen pérdidas considerables de estos elementos, pueden aparecer trastornos en el ámbito de la contractilidad muscular –desde debilidad hasta espasmos de la musculatura (cf. Gebert, 1978, 162)– o en las reservas de agua y de electrolitos (v. pág. 597). Por ello, en la práctica del entrenamiento se formula el siguiente cálculo sobre las pérdidas de sal común (NaCl) asociadas a la sudoración: con un litro de sudor se pierden unos 2-3 g de sal común. Por ello, la necesidad de sal común es claramente mayor en deportistas con pérdidas elevadas por sudoración (necesidad diaria en torno a los 5 g). El potasio desempeña un papel importante para los procesos de contracción muscular y resulta necesario también como cofactor para una serie de enzimas; por ello se puede entender que las pérdidas de potasio debidas a cargas deportivas intensas contribuyan a limitar el rendimiento deportivo (cf. Nöcker, 1974, 57). Así pues, su reposición merece la correspondiente atención.

Magnesio

El magnesio, como también el potasio, ejerce un efecto favorable sobre la capacidad de rendimiento corporal (cf. Keul y cols., 1979, 66). En el organismo humano es, después del potasio, el mineral intracelular más importante y sirve de coenzima o de cofactor a unas 250 enzimas. Como activador de diferentes sistemas enzimáticos interviene de forma decisiva en el metabolismo de los hidratos de carbono, de las proteínas y de los lípidos, desempeñando además un papel fundamental en la transmisión de las excitaciones neuronales y sinápticas y en la contracción muscular (cf. Stucke, 1979, 23).

Con cargas de resistencia prolongadas y repetidas, y si no es repuesto, su pérdida provoca una caída de su nivel en sangre, reduciendo así la capacidad de rendimiento y apareciendo en ocasiones espasmos musculares en

las pantorrillas o agujetas intensas (cf. Stucke, 1979, 23).

Hierro

El hierro no sólo es importante para los procesos respiratorios (transferencia de electrones en la cadena respiratoria) y para la formación de enzimas, sino también para la hematopoyesis. Si cae el nivel de hierro como consecuencia de cargas corporales intensas disminuye, la hematopoyesis, con la consiguiente merma de la capacidad de rendimiento corporal (cf. Keul, 1978, 242). Esta posibilidad debe tenerse en cuenta sobre todo en los jóvenes, que debido a los procesos de crecimiento necesitan una cantidad de hierro mayor. El deportista tiene unas necesidades de hierro entre dos y tres veces superiores a las del no deportista. Este hecho se debería compensar con los correspondientes preparados o con la dieta.

Importancia de un balance equilibrado de líquido y de electrolitos para el deportista de resistencia y para el jugador

En relación con las reservas de agua y de electrolitos (minerales), observamos que los deportistas infravaloran una y otra vez el riesgo de una caída del rendimiento debida a pérdidas de líquido importantes (cf. también Rokitzki/Keul, 1990, 42; Gerlach/Golf, 1990, 43).

Algunos deportistas de resistencia siguen sin beber agua (con electrolitos) durante la maratón, o lo hacen en cantidades muy escasas; podemos recordar a la corredora suiza en los Juegos Olímpicos de Los Ángeles que llegó al estadio olímpico completamente deshidratada, tambaleante y desorientada. Pero también entre los jugadores –nos referimos sobre todo a los futbolistas– hay un 15 % que no beben nada en el tiempo de descanso, y casi un tercio beben líquidos como té, sin sustancias añadidas (p. ej., minerales o hidratos de carbono). Si bien en la actualidad contamos con un mayor nivel de información, y los preparadores médicos y entrenadores invitan a los jugadores de máximo nivel a adoptar las correspondientes medidas nutricionales, necesitamos también más información en las categorías inferiores, sobre todo en el ámbito aficionado. Dada la importancia de la nutrición para la evolución del rendimiento corporal, interesa optimizar también en este ámbito, por medio de la difusión y la pedagogía, las medidas que se deben aplicar en el entrenamiento y la competición.

Dado que la sensación de sed es “mala consejera” para mantener el equilibrio de líquidos –la cantidad de líqui-

do ingerida suele ser inferior a la necesaria–, la cantidad que se ha de beber se debería determinar mediante un cálculo sencillo, como, por ejemplo, el peso (cf. Fitzsimons, 1979).

Las “bebidas energéticas minerales” (que contienen soluciones de glucosa combinadas con suplementos minerales y vitamínicos) se deberían consumir de forma regular como medida de apoyo rápido de la fuerza, tanto en el entrenamiento como en la competición –sobre todo durante el *stretching* y en el descanso a mitad de partido–, con el fin de transmitir al cerebro y a la musculatura impulsos par mantener el rendimiento a través de un aumento periódico del nivel de azúcar en sangre (cf. Diebschlag, 1988, 7). La ingesta de bebidas ricas en hidratos de carbono antes, durante y después del partido presenta tres ventajas específicas:

1. Se protegen las reservas de glucógeno en la musculatura propia, esto es, están disponibles de forma inmediata. De esta forma la segunda parte se puede disputar con un mayor nivel de partida de glucógeno, y por tanto con mayor intensidad.
2. Se explotan otras fuentes energéticas cuando las reservas de glucógeno se encuentran ya agotadas (cf. Leatt/Jacobs, 1986, 86; Coyle y cols., 1986, 165).
3. Después de cargas físicas elevadas –como las de un entrenamiento o partido duros– y con un estrés psíquico intenso, sobre todo antes de competiciones o campeonatos importantes, puede aparecer una caída pronunciada del apetito. La causa parece encontrarse en el aumento de la temperatura corporal después de la carga y en el aumento de nivel de la hormona del estrés (cf. Canham/Consolazio, 1966, 64; Karvonen/Saarela/Uoila, 1978, 139). La carencia de apetito influye por lo general sobre el comportamiento nutricional del deportista, en el sentido de una ingesta insuficiente de alimentos. Como no se ingieren alimentos sólidos en una cantidad suficiente, se debería recurrir a la ingesta de alimentos líquidos para cubrir las necesidades energéticas.

Es importante que las bebidas ricas en hidratos de carbono, como ya hemos mencionado, sean ingeridas inmediatamente después del entrenamiento, de la competición o del partido, pues nada más terminar la carga la actividad de las enzimas que resintetizan el glucógeno es máxima (p. ej., glucógeno-sintetasa, hexocinasa) (cf. Ivy y cols., 1983, 296).

De una serie de estudios deducimos que la ingesta de bebidas ricas en hidratos de carbono (y enriquecidas con minerales/vitaminas) durante la competición influye positiva-

mente sobre la capacidad de rendimiento psicofísico. Jakeman/Palfreeman (1989, 8) han podido mostrar, con una carga situada en el 75 % del consumo máximo de oxígeno (equivalente más o menos a la de un futbolista en el transcurso del partido; v. pág. 599), una diferencia considerable entre la ingesta de hidratos de carbono cada 20 minutos (1,2 g por kilogramo de peso corporal y hora) y la ingesta de un placebo. La figura 424 muestra que el nivel de glucosa en sangre desciende de forma continua sin ingesta adicional de hidratos de carbono y se mantiene constante con dicha ingesta acompañando a la carga. Un mayor nivel de glucosa en sangre favorece una mayor capacidad de rendimiento. A esto se añade que la fatiga percibida se calificó como sustancialmente menor. Coggan/Coyle (1989, 59) llegaron a resultados similares (fig. 425), y demostraron además que la ingesta de bebidas con hidratos de carbono no sólo producía un nuevo ascenso del nivel de glucosa en sangre, sino que el deportista mantenía la producción de rendimientos intensos incluso después de cargas prolongadas.

El aumento del nivel de glucosa en sangre permite una mayor capacidad de rendimiento. Al mismo tiempo crece la disposición al rendimiento, pues el cansancio percibido se

evalúa como sustancialmente menor (cf. Jakeman/Palfreeman, 1989, 8).

Para el jugador, esto significa que durante el entrenamiento y la competición le conviene tomar bebidas con hidratos de carbono, pues de esta forma mejoran su capacidad de carga y su disposición al rendimiento.

En cuanto a la nutrición previa a la competición, hemos de vigilar que la ingesta de alimentos se produzca de forma controlada y a su debido tiempo. Controlada porque el estrés psíquico, “normal” antes de las competiciones y campeonatos importantes, puede producir una marcada inapetencia e influir negativamente sobre el comportamiento alimentario (cf. Canham/Consolazio, 1966, 64). Así pues, el deportista debería tomar una cantidad suficiente de hidratos de carbono para no sufrir “pájaras” o “hundimientos” similares (cf. Inzinger, 1990, 10).

Respecto a las bebidas o alimentos ricos en hidratos de carbono (azúcares), hemos de tener en cuenta que el tiempo de reabsorción y la duración del efecto varían en función de sus diferentes formas de administración. Inzinger (1990, 11) describe gráficamente estas variaciones de la forma siguiente:

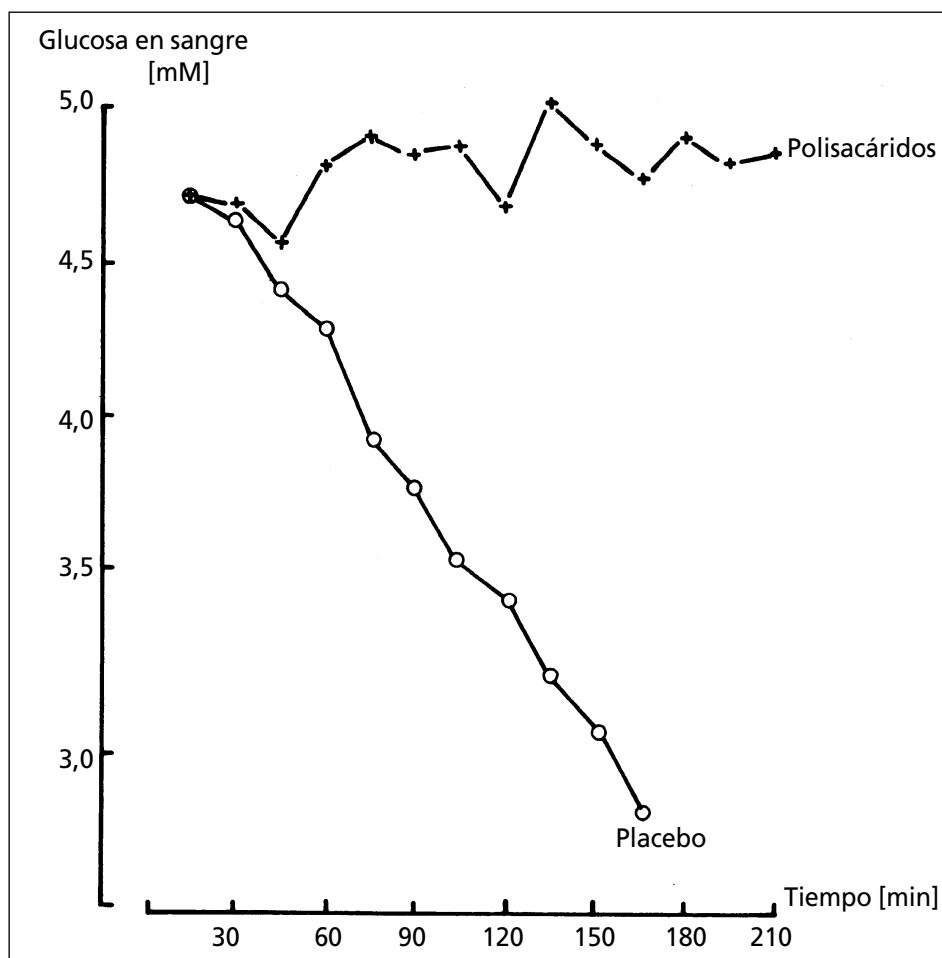


Figura 424. Nivel de glucosa durante la carga, con ingesta de un preparado de polisacáridos (polímero maltodextrina) y con un placebo (de Jakeman/Palfreeman, 1989, 8).

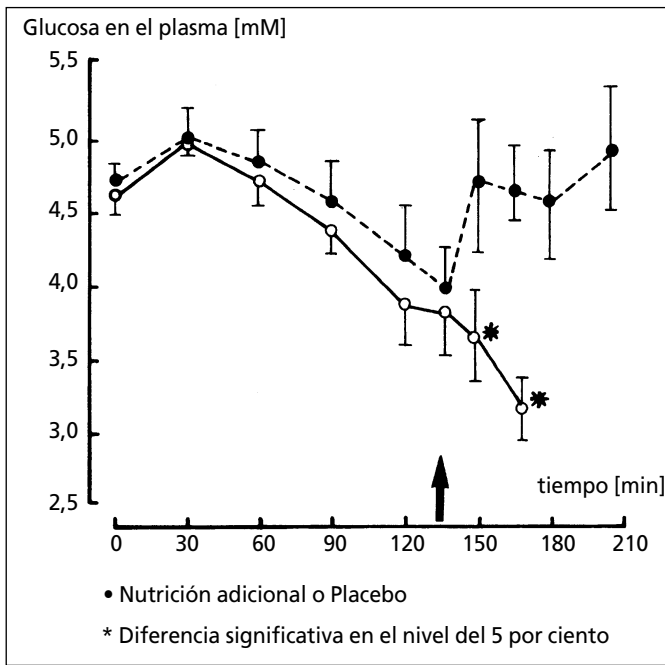


Figura 425. Comportamiento de la concentración de glucosa en el plasma sanguíneo durante el trabajo y velocidad de pedaleo con ingesta de hidratos de carbono y de placebo.

- **Glucosa:** el aporte de los hidratos de carbono a la sangre tarda entre 10 y 20 minutos.
- **Bebidas azucaradas y golosinas:** los hidratos de carbono son aportados a la sangre en un período de entre 15 y 40 minutos.
- **Harinas y derivados:** los hidratos de carbono fluyen hacia la sangre en un proceso que dura entre 40 y 60 minutos.
- **Fruta y verduras:** los hidratos de carbono son aportados a la sangre en un período de entre 60 y 100 minutos.
- **Pan y derivados de grano entero:** los hidratos de carbono se aportan a la sangre en un período de entre 60 y 240 minutos.

Así pues, para no sufrir escasez de abastecimiento energético durante todo el tiempo de juego, los deportistas de resistencia y los jugadores deberían tomar no solamente monosacáridos, de efecto rápido pero no sostenido (como la glucosa), sino también –convenientemente escalonados– trisacáridos, tetrasacáridos y polisacáridos, cuyo efecto aparece más tarde y de forma más prolongada.

Al igual que Kirkendall y cols. (1987, 37), Sherman y cols. (1989, 603) muestran en sus estudios que una ingesta abundante de hidratos de carbono (4 g/kg de peso corporal) 4 horas antes de la carga mejora la capacidad de rendimiento en resistencia durante 95 minutos. Pese a un descenso inicial del nivel de glucosa en sangre y a un aumento

del nivel de insulina, durante la carga se produce un nuevo ascenso de la glucosa en sangre y una mejora del 15 % del rendimiento en resistencia, que se explica sobre todo por la mayor oferta de glucosa en sangre que va suministrando de forma continua el tracto gastrointestinal.

Estudios anteriores (cf. Decombaz/Arnaud/Milon, 1983, 9; Devlin y cols., 1986, 980; Foster/Costill/Fink, 1979, 1; Hargreaves y cols., 1987, 33) no han podido constatar mejora alguna del rendimiento cuando se consume entre 0,6 y 1 g de hidratos de carbono/kg de peso corporal dentro de la última hora antes del inicio de la carga.

Así pues, antes de empezar la competición o el partido interesa una ingesta claramente mayor de hidratos de carbono (comida rica en hidratos de carbono líquidos), pues con ella no sólo aumentan claramente las reservas musculares de glucógeno (Coyle y cols., hablan de un ascenso del 42 %), sino que se mantiene constante el nivel de glucosa en sangre durante todo el período de carga y mejora además de forma notoria la metabolización de los hidratos de carbono, decisiva para cargas de resistencia intensas (cf. Sherman y cols., 1989, 603). El aumento de los niveles de glucosa en sangre se explica por la liberación continua de glucosa procedente del tracto gastrointestinal (después de 4 horas, según los estudios de Hunt y cols. [1985, 1326], sólo se había reabsorbido el 63 % de los hidratos de carbono ingeridos), liberación que se mantiene durante la carga de resistencia. La figura 426 muestra que, después de un entrenamiento intenso de la resistencia durante varios días, el contenido de glucógeno en el músculo con una dieta normal, rica en hidratos de carbono, disminuye de forma sustancialmente más rápida que con una dieta propia de deportistas, esto es, con el suplemento de una bebida con polisacáridos (con el 20 % de maltodextrina-fructosa). Llama la atención además –y ello reviste una gran importancia para los deportistas de resistencia y los jugadores– que sólo los deportistas que tomaron adicionalmente una bebida rica en hidratos de carbono presentaron, 24 horas después de la carga, el fenómeno de la *supercompensación* en el ámbito del glucógeno muscular (aumento del nivel de glucógeno).

Consecuencia para los deportistas de resistencia y jugadores. Para conseguir mejores rendimientos y una regeneración más rápida después de sesiones de entrenamiento intensas y voluminosas, o después de series concentradas de competiciones o de partidos, se recomienda la ingesta suplementaria de bebidas ricas en hidratos de carbono como complemento de una dieta asimismo rica en estos nutrientes.

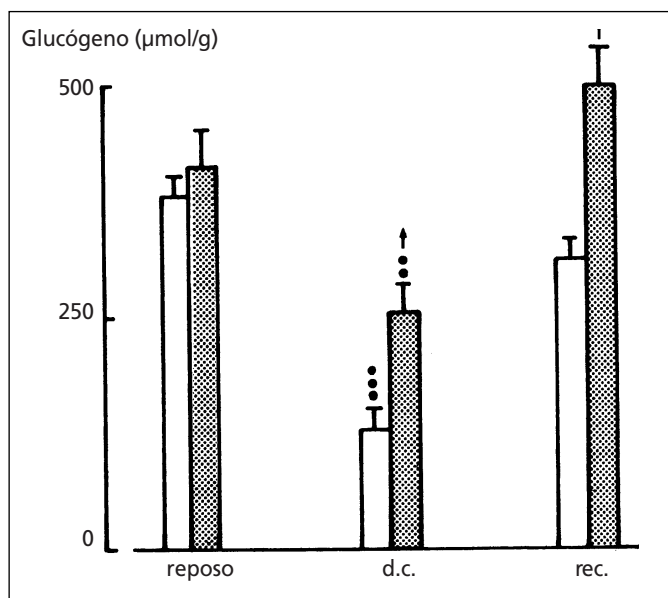


Figura 426. Contenido medio de glucógeno muscular en reposo 45 minutos después de una carga agotadora (d.c.) y después de 24 horas de recuperación (rec.). Columna izquierda (blanca) = alimentación normal, rica en hidratos de carbono; columna derecha (oscura) = suplemento de una bebida con el 20 % de maltodextrina-fructosa durante y después de la carga (de Brouns y cols., 1989, 54).

Consecuencias para la práctica del entrenamiento y para la competición

Los jugadores agotados (sin glucógeno) por un entrenamiento duro o por una serie de partidos con cargas intensas no deberían buscar la recuperación de la forma física aumentando el trabajo de entrenamiento. Las medidas de recuperación y un entrenamiento regenerador consiguen en este caso un aumento del rendimiento sustancialmente mayor que cualquier decisión “disciplinaria” (cf. Luthmann/Antretter, 1987, 3 s.). A menudo se olvida que el efecto sumativo de tres o cinco sesiones de entrenamiento duras basta para reducir de forma persistente –y progresiva de una sesión a otra– las reservas de glucógeno (cf. Costill y cols., 1971, 834).

Con una dieta rica en hidratos de carbono se puede influir positivamente sobre las reservas de glucógeno antes, durante y después de la competición. Además del almacenamiento de un producto energético útil, unas reservas de glucógeno abundantes ofrecen la ventaja de que el azúcar se almacena con una cierta cantidad de agua (2,7 cm³/g de azúcar), circunstancia que influye favorablemente sobre la regulación térmica, y a su vez indirectamente sobre la capacidad de rendimiento. Por otra parte, permiten reducir la cantidad de líquido ingerido durante la carga (cf. Diebschlag, 1988, 7).

La indicación óptima individual en cuanto a la toma de hidratos de carbono viene dada por el estado general y el peso corporal (cf. Inzinger, 1990, 11):

- El aporte de hidratos de carbono es suficiente si el peso corporal y la disposición al rendimiento se mantienen en una situación buena y constante.
- El aporte de hidratos de carbono es insuficiente si el peso corporal y la disposición al rendimiento disminuyen.
- El aporte de hidratos de carbono es excesivo si el peso corporal aumenta mientras la carga se mantiene constante.

La especial importancia de las bebidas energéticas concentradas ricas en hidratos de carbono se justifica, por una parte, por la posibilidad de tomarlas en cantidades suficientes incluso en casos de inapetencia, cuando la ingesta de nutrición sólida plantea especiales dificultades; por otra parte, es conocido el hecho de que la nutrición líquida atraviesa el estómago y se reabsorbe con mayor velocidad, con lo cual se dispone también rápidamente de los nutrientes necesarios para los procesos de recuperación.

Importante. La ingesta de bebidas ricas en hidratos de carbono solubles debería efectuarse, como ya hemos indicado, nada más terminar la carga, pues la enzima glucógeno-sintetasa, responsable de la resíntesis del glucógeno, desarrolla su actividad máxima en las primeras horas posteriores a la carga (cf. Brouns/Saristen/Hoor, 1988, 35).

Equilibrio de vitaminas

Las vitaminas son sustancias activas indispensables para el crecimiento, la conservación y la reproducción del ser humano. El organismo no puede sintetizarlas por sí mismo y tiene que recibirlas por medio de la nutrición; las necesita para la síntesis de coenzimas, y como tales son indispensables para la secuencia ordenada de los procesos metabólicos. Las necesidades de las diferentes vitaminas se encuentran en el ámbito de los miligramos. Un mal aprovechamiento (trastornos de la reabsorción) o un incremento del consumo (entrenamiento deportivo, crecimiento) hacen necesario aumentar su aporte.

Distinguimos entre vitaminas liposolubles (vitaminas A, D, E, K, Q, F = ácidos grasos insaturados, que no son propiamente vitaminas) y vitaminas hidrosolubles (B₁, complejo de B₂, B₆, B₁₂, C, H).

Dado que la nutrición actual suministra la mayor parte de las vitaminas en cantidades satisfactorias, y que las enfermedades derivadas de hipovitaminosis son poco frecuentes, hablaremos aquí sólo de las más importantes,

concretamente las vitaminas B₁ y C. Es necesario aumentar su aporte con un entrenamiento duro y con una nutrición rica en hidratos de carbono; se ha demostrado que su administración a largo plazo favorece y estabiliza el rendimiento.

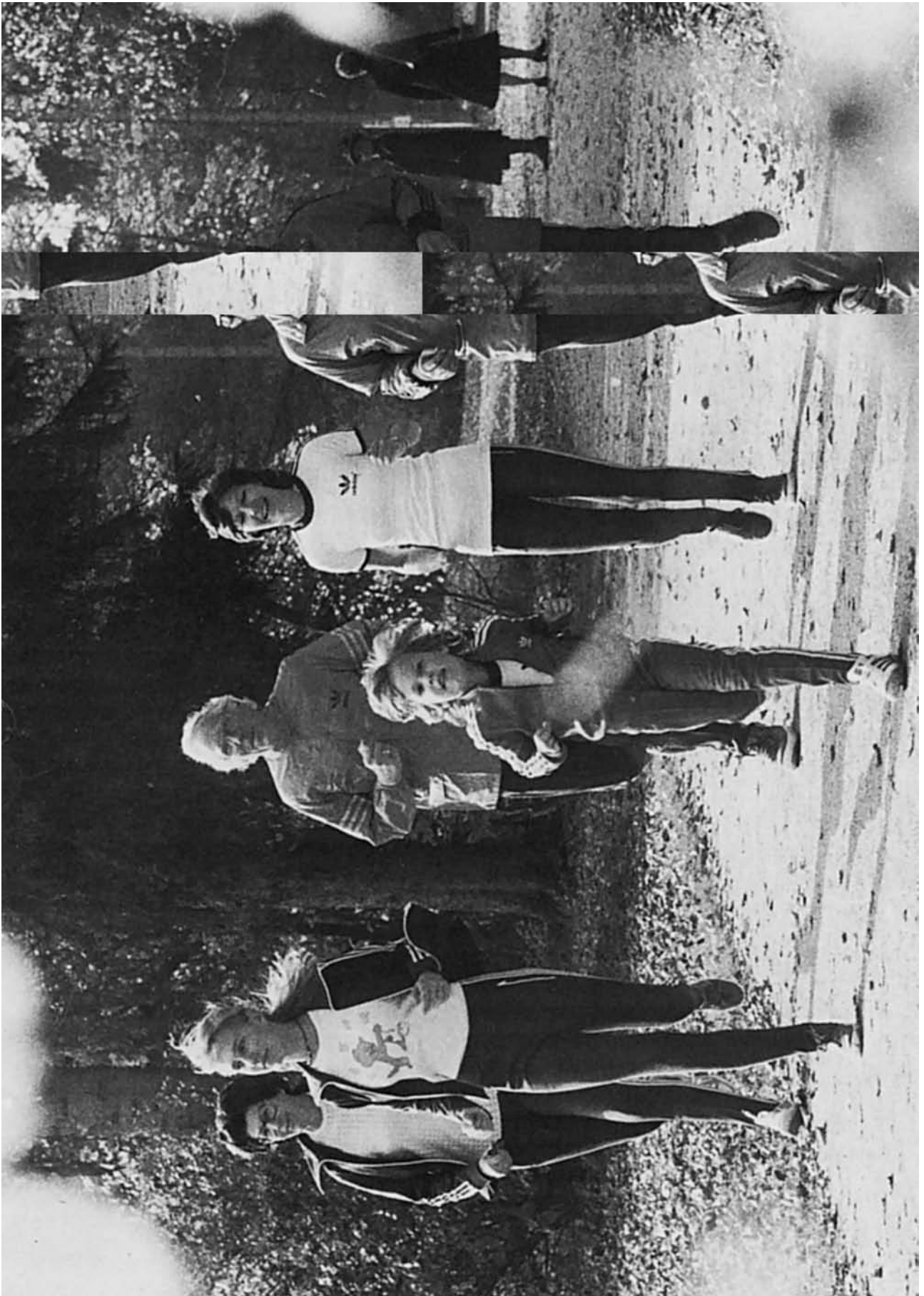
Vitamina B₁

Esta vitamina desempeña un papel importante en la degradación de los hidratos de carbono, pues cataliza, entre otras, la reacción piruvato → acetil CoA + CO₂. Como el deportista de resistencia tiene por las razones ya mencio-

nadas un metabolismo intenso de los hidratos de carbono, su necesidad de vitamina B₁ aumenta, pasando de 1-2 mg en situación normal a 4-8 mg.

Vitamina C

La vitamina C tiene, por un lado, un efecto protector sobre otras vitaminas, como las vitaminas B₁, H, E, A y otras; además incrementa la reabsorción de hierro y tiene una función de estabilización general de la salud. El aporte diario para el deportista es doble o triple en relación con el no deportista.



Parte VI

**ENTRENAMIENTO PARA LA
SALUD COMO PREVENCIÓN
Y REHABILITACIÓN
DE ENFERMEDADES
CARDIOVASCULARES
O DEBIDAS A CARENCIA
DE MOVIMIENTO**

26 Entrenamiento para conservar la salud

“La salud no lo es todo, pero sin la salud todo es nada.”

Schopenhauer

Fundamentos generales y modalidades de realización

La prevención de enfermedades cardiovasculares degenerativas constituye en nuestros días un problema fundamental de la medicina preventiva, pues dichas enfermedades figuran en primer lugar en la estadística de causas de mortalidad en los países industrializados.

Como etiología se pueden mencionar una serie de factores exógenos (p. ej., cambios en los hábitos de vida, nutricionales y adictivos) y endógenos (p. ej., los llamados factores de riesgo como hipertensión arterial, niveles altos de colesterol, etc.), que participan en la génesis de las enfermedades cardiovasculares. La carencia de movimiento desempeña un papel importante, pues la capacidad de rendimiento de cada órgano se corresponde con el grado de su sollicitación (cf. Wolff/Busch/Mellerowicz, 1979, 3).

Normalmente, el riesgo de sufrir un infarto de miocardio es doble en sujetos no entrenados en relación con los entrenados. Después de los 40 años de vida este riesgo aumenta de forma pronunciada para los no deportistas; en cambio, para las personas entrenadas dicho riesgo permanece desde los 40 años y durante los siguientes 20 o 25 años en un nivel bajo y constante (Halhuber, 1981).

Para la prevención de enfermedades cardiovasculares y derivadas de la falta de movimiento resulta idóneo un entrenamiento aeróbico de la resistencia (*jogging*), pues mejora de forma amplia y selectiva la capacidad de rendimiento cardiopulmonar, influyendo a la vez positivamente sobre una serie de factores de riesgo primarios. No obstante, una serie de muertes en carreras populares y circuitos

de atletismo públicos han demostrado que este tipo de entrenamiento de la resistencia no lo puede practicar cualquiera, sin sentido crítico y de cualquier forma. Estos casos, difundidos por los medios de comunicación sin ningún tipo de análisis de las circunstancias, han creado un considerable grado de inseguridad en una parte de la ciudadanía preocupada por su salud. Por ello el problema merece ser tratado aquí, si bien de forma breve; el análisis detallado de los casos de muerte después de actividad corporal (cf. Munschek, 1974 y 1977; Vuori, 1978; Jung/Schäfer-Nolte, 1982) dio como resultado que en casi todos los sujetos muertos después de un esfuerzo corporal intenso la causa de la muerte tenía que ver con una enfermedad coronaria.

Por el contrario, los casos de muerte súbita en personas practicantes habituales de deporte eran muy poco habituales y se producían casi exclusivamente en condiciones inhabituales o de estrés (p. ej., acontecimientos de masas con “carácter de competición”, etc.). Muchos casos de muerte de origen cardíaco atribuidos al deporte aparecieron casi con toda seguridad de forma puramente casual durante la actividad deportiva y no durante una carga corporal de la vida cotidiana (cf. Jung/Schäfer-Nolte, 1982, 11).

Para evitar sucesos lamentables de este tipo se debería tener en cuenta algunos puntos importantes al plantearse y al realizar un entrenamiento aeróbico dinámico de la resistencia (cf. Weineck, 1981, 702):

¿Quién no puede?

Como contraindicaciones se consideran sobre todo las siguientes (cf. Hüllemann, 1976, 188; Hollmann/Hettinger, 1980, 671; Mellerowicz/Franz, 1981, 45):

- Inflamaciones o infecciones agudas.
- Insuficiencia o lesiones cardíacas, congénitas o adquiridas.
- Trastornos del ritmo cardíaco provocados o intensificados por la carga.

- Hipertensión arterial no tratada (sistólica por encima de 200 o diastólica por encima de 100 mmHg).
- Hipertiroidismo no tratado, pero considerable.
- Lesiones graves, crónicas o descompensadas del hígado y los riñones.
- Enfermedades crónicas, progresivas y destructivas (neoplasias).
- Enfermedades pulmonares progresivas y *cardiopulmonares avanzadas*.

¿Qué factores hemos de tener en cuenta?

- Interesa incrementar de forma moderada los parámetros de carga, sobre todo del volumen y la intensidad.
- El incremento progresivo del volumen precede al de la intensidad.
- Sólo se debería entrenar de forma intensa con la correspondiente continuidad o preparación deportiva.
- Al principio se debería trotar sólo mientras no aparezca un cuadro sintomático doloroso.
- Se debería comenzar con el método de la carga interválica: las fases de carrera se interrumpen con pausas caminando; su longitud se estima en función de la capacidad de rendimiento del momento.
- El entrenamiento debería resultar divertido, sin plantear un factor de estrés añadido a la vida laboral.
- El entrenamiento se debería practicar de forma regular, durante toda la vida y sin interrupciones prolongadas.
- Un aumento de la capacidad de rendimiento corporal adquirido a largo plazo mediante entrenamiento es más estable frente a las interrupciones que uno adquirido a corto plazo. No obstante, una pausa prolongada provoca también en este caso una caída progresiva de la capacidad de rendimiento.
- Si se alcanza el límite del rendimiento individual, o se renuncia a dominar exigencias más elevadas, se trata entonces de mantener el nivel de entrenamiento alcanzado. Una estabilidad de este tipo se puede valorar como efecto de entrenamiento en el sentido de la conservación de la salud. La capacidad cardiopulmonar y de rendimiento en general de deportistas mayores entrenados en resistencia corresponde a los valores de rendimiento de personas no entrenadas 20 o 30 años más jóvenes (cf. Harre, 1975, 271 s.).
- Para prevenir la aparición de cuadros dolorosos ortopédicos se debería entrenar con un equipo adecuado (calzado apropiado) y en terreno apropiado (evitar asfaltos duros o similares).

¿Qué frecuencia y qué duración?

Como regla general, la frecuencia del entrenamiento (con rendimientos de entrenamiento comparables) ejerce sobre la capacidad de rendimiento corporal un influjo mayor que la duración (Strauzenberg, 1979, 37).

• Entrenamiento en la fase de preparación

En un entrenamiento en la fase de preparación para el desarrollo de la capacidad de rendimiento corporal, el grado óptimo se sitúa entre tres y siete sesiones de entrenamiento semanales, con una duración de entre 15 minutos y una hora (cf. Israel, 1979, 114; Colectivo de Autores, 1978, VII; Strauzenberg, 1979, 37; Van Aaken, 1979, 1440).

• Entrenamiento de mantenimiento

La cantidad de carga necesaria para mantener la capacidad de rendimiento deportivo depende siempre del grado de adaptación conseguido: cuanto mayor sea la capacidad de rendimiento, tanto más voluminoso e intenso tiene que ser el “entrenamiento de mantenimiento” (v. Harre, 1975, 273). Para el deportista, por motivos de salud las exigencias mínimas se sitúan en el ámbito de 1 × 45 min (Bartel, 1979, 56), 2 × 30 minutos o 3 × 20 minutos a la semana (cf. Harre, 1975, 272; Strauzenberg, 1979, 39; Brynteson/Sinnig, 1973, 29). No obstante, 5 minutos al día suponen ya un estímulo de entrenamiento favorable para la salud.

Edad en años	Frecuencia de pulso con		
	80 %	70 %	60 %
30-35	170	150	130
36-40	165	145	125
41-45	160	140	120
46-50	155	135	115
51-55	150	130	110
56-60	145	125	105
61-65	140	120	100
66-70	135	115	95
71-75	130	110	90
Regla básica	200 – edad	180 – edad	160 – edad

Tabla 78. Valores orientativos de frecuencia cardíaca para la medición de una carga del 80, 70 y 60 % de la capacidad de consumo máximo de oxígeno (de Strauzenberg, 1979, 37)

¿Qué intensidad?

La intensidad de la carga corporal tiene que situarse claramente por encima del promedio de “carga cotidiana”, que necesita el 30 % aproximadamente del consumo máximo de oxígeno. Podemos aceptar que el ámbito eficaz se sitúa en intensidades entre el 60 % y el 80 % del consumo máximo de oxígeno (cf. Strauzenberg, 1979, 39; Colectivo de Autores, 1978, VII).

El ámbito del 60 % supone la carga de entrenamiento mínima que ejerce un efecto sobre el sistema cardiovascular, mientras que el ámbito del 80 % representa el entorno del “umbral anaeróbico” y por tanto el estímulo de entrenamiento más eficaz con cargas de resistencia (v. pág. 158).

Para comprobar la intensidad de la carga, el control de la frecuencia cardíaca ha demostrado el mayor grado de eficacia en la práctica del entrenamiento. Como se puede ver en la tabla 78, la frecuencia cardíaca va unida en las distintas edades a una intensidad de carga diferente.

En el ámbito del entrenamiento para la salud, Mellero-wicz/Franz (1981, 40) no recomiendan superar la “frecuencia cardíaca límite, expresada en la fórmula siguiente: 200 – años de vida”.

Las personas en baja forma deberían mantener al comienzo una frecuencia de pulso de entre 110 y 120/min aproximadamente:

- En cargas de carrera, la intensidad debería establecerse de modo que se pueda mantener una conversación sin quedarse sin aliento.
- Las carreras en grupo sólo tienen razón de ser con personas del mismo nivel de rendimiento. Los participantes deberían correr “unos con otros” y no “unos contra otros”.
- La participación en carreras populares se debería entender como una fiesta familiar: comunicación antes que demostración de rendimiento.

Modalidades de resistencia apropiadas

Son apropiadas todas las modalidades cíclicas que se practican de forma continua durante un período de tiempo prolongado y que solicitan entre una séptima y una sexta parte de la musculatura total (cf. Hollmann, 1965, 28). Como especialmente apropiadas recomendamos: *walking* (caminar a paso vivo), interesa sobre todo a personas mayores con alteraciones degenerativas en el ámbito de las articulaciones de la extremidad inferior; carrera prolongada (por el bosque, *cross*, carrera sin moverse del sitio en la habitación de trabajo, etc.); natación (conveniente sobre todo para personas con limitaciones ortopédicas); ciclismo; remo; montañismo, y esquí de fondo.

Entrenamiento para la salud en la edad mediana y en la edad avanzada

“La capacidad de rendimiento del ser humano desciende de forma tan pronunciada porque a éste le han persuadido de que tiene que descender.”

Mulford (citado en Brückner, 1972, 144)

En condiciones vitales “normales”, las exigencias corporales que la sociedad plantea al individuo –o éste a sí mismo– se hacen cada vez menores con el paso de la edad; por ello empeora la capacidad de rendimiento corporal general, con un déficit de adaptación del organismo (cf. Israel y cols., 1982, 92).

La caída de la capacidad de rendimiento orgánico en la edad avanzada suele ser más la expresión de la forma de vida y trabajo en el estado industrial moderno que una regularidad biológica. Tras los supuestos procesos de envejecimiento se oculta a menudo un estado de entrenamiento deficiente.

Esta afirmación no pretende negar el deterioro, debido a la edad, de las estructuras y funciones corporales; sólo queremos subrayar que el grado habitual de conservación del cuerpo con el paso de la edad no se corresponde con las posibilidades de adaptación del organismo humano en su edad avanzada, posibilidades que siguen existiendo, aunque limitadas. Unas cargas corporales moderadas, aunque con la intensidad suficiente, contribuyen indiscutiblemente a mejorar y estabilizar la capacidad de rendimiento psicofísico.

La persona mayor se caracteriza por presentar un descenso de la reactividad y de la capacidad de adaptación; por ello formulamos los siguientes principios básicos para la realización de un entrenamiento adecuado a la edad (cf. también Brückner, 1982, 114; Badtke, 1982, 116 s.; Reinhold, 1982, 118 s.).

- Desde el punto de vista del contenido, la prioridad corresponde a un entrenamiento de la resistencia cardio-protector. Pero también se debería prestar una atención suficiente a la mejora o la conservación de las capacidades coordinativas y de la movilidad, con el fin de dominar las exigencias de la vida cotidiana.
- El abanico de posibilidades de adaptación queda limitado por las alteraciones degenerativas de los tejidos y por la reducción del metabolismo celular; así pues, a partir de una cierta edad no se debería cargar al organismo más que con estímulos de entrenamiento de *intensidad media*.

- Cada sesión de entrenamiento debería provocar un ascenso progresivo de la carga en sus aspectos de volumen e intensidad.
- Al inicio de cada sesión debería efectuarse un trabajo de calentamiento sistemático. En este sentido hemos de tener en cuenta que el calentamiento requiere más tiempo en personas de cierta edad que en jóvenes.
- Los ejercicios deberían proporcionar diversión, incluyendo elementos de integración social. Interesa crear un clima de compartir, y no de disputar.
- Para evitar picos de carga se deberían excluir los ejercicios de carácter competitivo.
- El principio básico en el deporte en la edad avanzada reza: “con moderación, pero con regularidad”.

Efectos de un entrenamiento de la resistencia sobre el corazón y los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares degenerativas

La figura 427 ofrece una visión global resumida de los efectos positivos del entrenamiento de la resistencia.

Este entrenamiento ejerce una influencia notable sobre la capacidad de rendimiento del propio corazón, con el conocido efecto cardioprotector, y también sobre una serie de factores de riesgo responsables de la aparición de enfermedades cardiovasculares degenerativas. En este último apartado se suelen incluir: falta de movimiento, sobrepeso, hipertensión arterial, tabaco, hiperglucemia e hiperlipemia.

Se puede ver que los diferentes factores se encuentran a menudo en relación muy estrecha. Cuando concurren varios factores, la probabilidad de aparición de las enfermedades cardiovasculares degenerativas no aumenta en forma sumativa, sino exponencial.

Efecto del entrenamiento de la resistencia sobre el corazón

Descenso de la frecuencia cardíaca

Uno de los primeros efectos del entrenamiento de la resistencia es el *descenso de la frecuencia cardíaca*. Se consigue con el “entrenamiento para la salud” descrito al principio de este capítulo, y en relación con el sistema nervioso vegetativo se refleja en la transición de la *simpaticotonía* (orientación hacia el rendimiento) a la *vagotonía* (orientación hacia la recuperación).

Strauzenberg (1978, 170) ha constatado que, después de unas pocas semanas de entrenamiento, el contenido de catecolaminas del corazón (las catecolaminas, p. ej., la adrenalina, son sustancias del simpático) se reducía en un 30 % en relación con su nivel en reposo, y por tanto disminuía la sensibilidad del corazón frente a los estímulos adrenérgicos que provocan el aumento de la frecuencia. Schryver (citado en Strauzenberg/Schwidtmann, 1976, 497) encontró en sujetos entrenados un nivel de catecolaminas reducido en un tercio y un contenido claramente superior de acetilcolina (la sustancia del vago) en comparación con sujetos no entrenados. Estas alteraciones debidas al entrenamiento desactivan el efecto cardiotoxico directo de la secreción excesiva de catecolaminas (cf. Schmidt, 1970, 111).

El predominio de estímulos antiadrenérgicos tiene gran importancia, según Kraus/Raab (1964, 58), para la superioridad del corazón entrenado frente al no entrenado en relación con el metabolismo, la estructura y la capacidad funcional. Las catecolaminas adrenérgicas consumen oxígeno de manera excesiva, desproporcionada, y tienden a provocar carencia de oxígeno en el miocardio. Por el contrario, la inhibición del simpático reduce el consumo de oxígeno en el miocardio, mejora el rendimiento y economiza así el trabajo del corazón. El descenso de la frecuencia cardíaca reduce considerablemente el trabajo diario del corazón (fig. 428) y provoca por otra parte, desde el punto de vista estadístico, un riesgo menor de enfermedades coronarias (fig. 428).

La figura 428 muestra que el gasto energético en el cuerpo en reposo del sujeto entrenado desciende en más de la mitad, y ello a pesar de que las cargas diarias son mayores debido al entrenamiento. Desciende la frecuencia cardíaca, el trabajo del corazón se hace más económico y disminuye la carga que soporta este órgano. Como se puede ver en la figura 429, el descenso de la frecuencia cardíaca reduce de forma drástica el riesgo de enfermedades coronarias mortales.

Si el entrenamiento de la resistencia no se efectúa sólo en el límite de carga mínimo para provocar un efecto, sino en un ámbito de intensidad superior —el grado óptimo se sitúa en el ámbito del “umbral anaeróbico”—, se producen en el entorno del corazón *transformaciones no sólo vegetativas, sino también morfológicas*, que refuerzan a su vez los procesos de economización funcional ya iniciados.

Un entrenamiento de la resistencia suficientemente intenso produce un aumento del tamaño del corazón (v. pág. 147) en el sentido de una *dilatación* de las cavidades y una *hipertrofia* de la musculatura cardíaca. El resultado es un aumento del volumen sistólico y, asociado a éste, un aumento del volumen cardíaco/minuto posible con carga. La ventaja de un volumen sistólico elevado es un trabajo más económico del corazón, tanto en reposo como bajo carga.

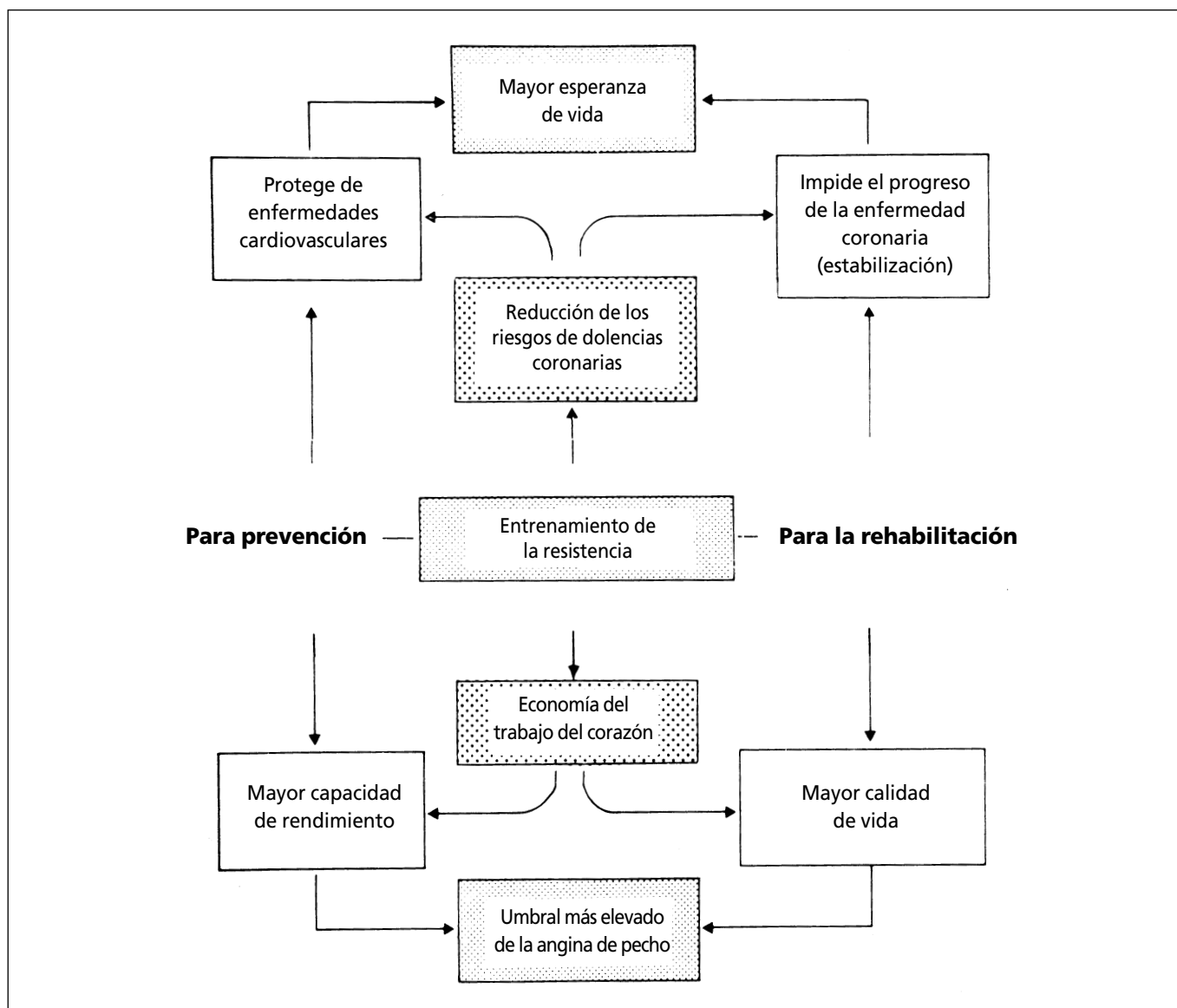


Figura 427. Ventajas de un entrenamiento de la resistencia (de Mellerowicz/Franz, 1981, 30).

En ambos casos, la necesidad de sangre se puede cubrir con un trabajo de volumen; no se necesita pasar al trabajo de frecuencia, menos económico.

Con este tipo de trabajo, y la consiguiente reducción del tiempo de diástole (momento de llenado y de abastecimiento de la arteria coronaria), empeora el suministro de oxígeno al corazón y aumentan las necesidades energéticas de éste.

Un descenso de la frecuencia cardíaca debido a hipertrofia del corazón –el descenso de la frecuencia cardíaca debido al entrenamiento muestra una estrecha correlación con el aumento del volumen cardíaco– influye de forma muy favorable sobre la carga cardiovascular en reposo y durante la carga, en el sentido de una economización del trabajo del corazón.

Una reducción de la frecuencia cardíaca de 10 lat/min permite un ahorro energético de oxígeno de casi el 15 % (Strauzenberg/Schwidtmann, 1976, 497).

La estrecha relación entre el tamaño y el trabajo del corazón se refleja claramente en la figura 430. La gráfica muestra que el trabajo diario del corazón se puede economizar extraordinariamente dependiendo del grado de entrenamiento; cuanto más entrenado está un corazón, tanto menor es la frecuencia cardíaca en reposo (Israel, 1973, 254). El corazón de los sujetos entrenados sólo tiene que producir –pese al entrenamiento– un trabajo diario de entre 5.000 y 10.000 kpm, mientras que este valor se sitúa

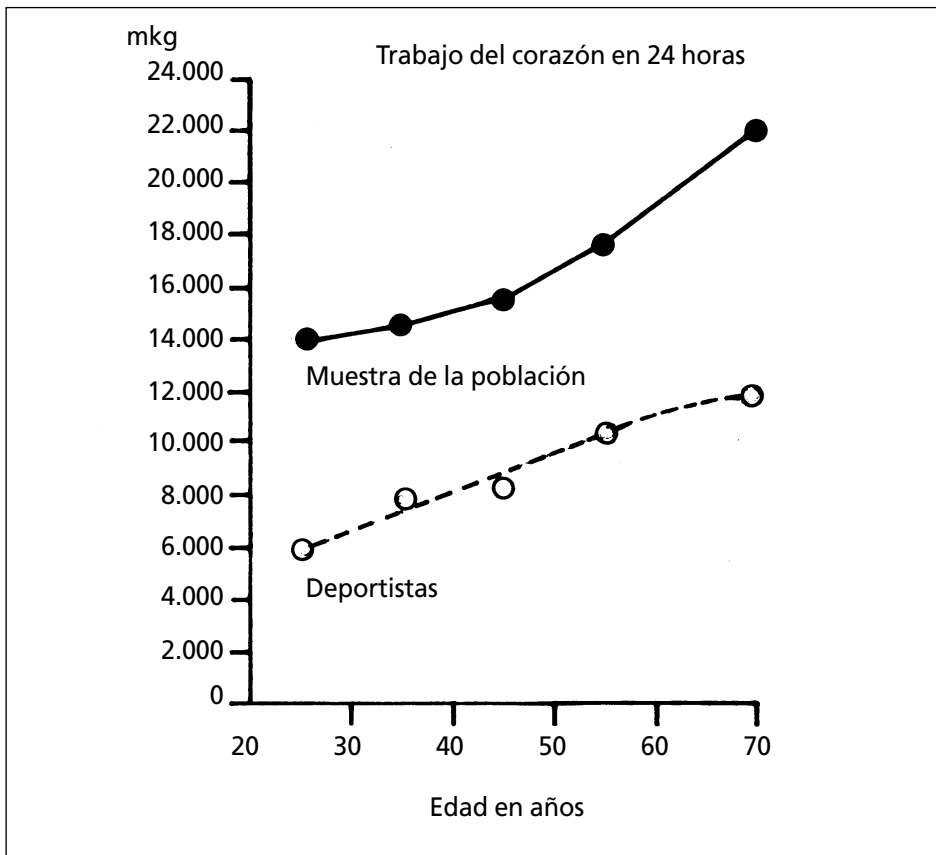


Figura 428. Trabajo del corazón en deportistas de resistencia bien entrenados, en comparación con el conjunto de la población (de Mellerowicz, citado en Nöcker, 1976, 122).

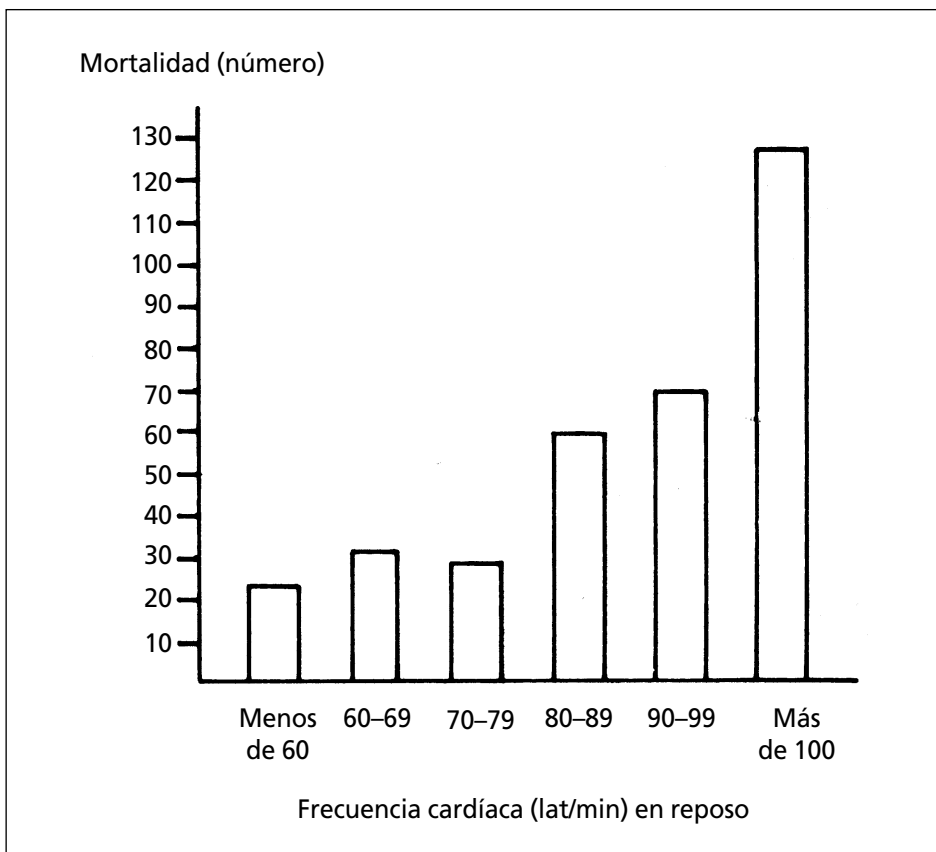


Figura 429. Relación entre frecuencia cardíaca (en reposo) y mortalidad en 10 años debida a enfermedades coronarias (sobre 1.349 varones de entre 40-59 años anteriormente sanos) (de Schwandt, 1975, 11).

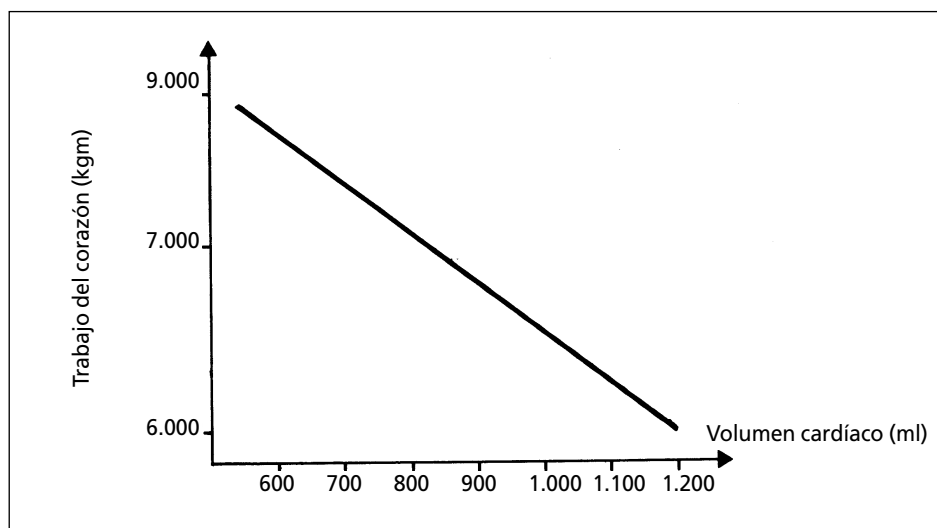


Figura 430. Relaciones entre el volumen y el trabajo del corazón en 24 horas en personas entrenadas en resistencia (de Israel, 1968).

entre 10.000 y 25.000 kpm en sujetos no entrenados (Mellerowicz/Meller 1972, 16).

No obstante, el descenso de la frecuencia cardíaca debido a entrenamiento de la resistencia –la frecuencia cardíaca en reposo más baja registrada hasta la fecha en la literatura especializada, en un deportista sano, se sitúa en 29 lat/min (Bogard, citado en Strauzenberg/Schwidtmann, 1976, 496)– no se puede explicar solamente por la transformación vegetativa y por la hipertrofia del corazón. Otra causa es la mejora del aprovechamiento periférico del oxígeno y de los sustratos, debida a su vez a una mejor capilarización (v. pág. 145). Con la optimización del abastecimiento energético de las células basta una cantidad reducida de sangre y, en consecuencia, una frecuencia cardíaca menor, para garantizar el abastecimiento necesario.

Mejora del riego sanguíneo del corazón

El entrenamiento de la resistencia incrementa la capilarización y la formación de colaterales (uniones vasculares preexistentes en el ámbito de las arteriolas, pero ocluidas anteriormente) no sólo en el entorno del músculo esquelético, sino también en el entorno del miocardio (Israel, 1978, 750).

Las adaptaciones de este tipo, favorables para el riego sanguíneo del corazón, se consiguen sobre todo con una mayor velocidad, inducida por la carga, de la corriente sanguínea –el aumento posible del riego sanguíneo debido a actividad corporal es entre 15 y 20 veces mayor que el debido a los fármacos más eficaces (v. Hollmann, 1965, 34)–, y tienen una importancia básica para la protección del corazón; el estado de las colaterales condiciona, según Israel (1978, 750), la mortalidad precoz en casos de infarto

de miocardio. El entrenamiento de la resistencia produce una dilatación más vigorosa de las entradas de las arterias coronarias y de las propias arterias, y por tanto una nueva mejora del riego sanguíneo del miocardio en reposo y bajo carga (cf. Bühlmann/Froesch, 1974, 48; Gottschalk/Israel/Berbalk, 1982, 57).

Influencia del entrenamiento de resistencia sobre la hipertensión arterial

La *terapia de movimiento es básica* en casos de hipertensión, combinada si hay necesidad con medidas dietéticas y medicamentos.

Numerosos estudios (cf. Hollmann, 1965; Schwalb/Behrens, 1972; Israel y cols., 1973; Franz, 1979; Strauzenberg, 1982; Priebe y cols., 1982; Bringmann, 1982; Schreiber/Biermann, 1982, entre otros) han mostrado que un entrenamiento de la resistencia de intensidad media, dinámico y continuo, influye favorablemente sobre las más variadas formas de hipertensión. La influencia de un entrenamiento corporal con carácter de resistencia es especialmente marcado en el caso de hipertensiones primarias ligeras y moderadas (niveles de gravedad I y II) y de trastornos de la regulación debidos a hipertensión (cf. Matzdoff, 1975, 235; Reinhold, 1982, 64; Strangfeld y cols., 1982, 68).

El descenso de la secreción de catecolaminas y la consiguiente vasoconstricción –dicha secreción provoca un aumento de la tensión arterial– origina un descenso progresivo y una estabilización de la tensión arterial. Esto supone, por una parte, una nueva descarga del corazón (disminución del trabajo de presión, menos económico), y por otra, la eliminación de un factor de riesgo considerable de enfermedades vasculares degenerativas.

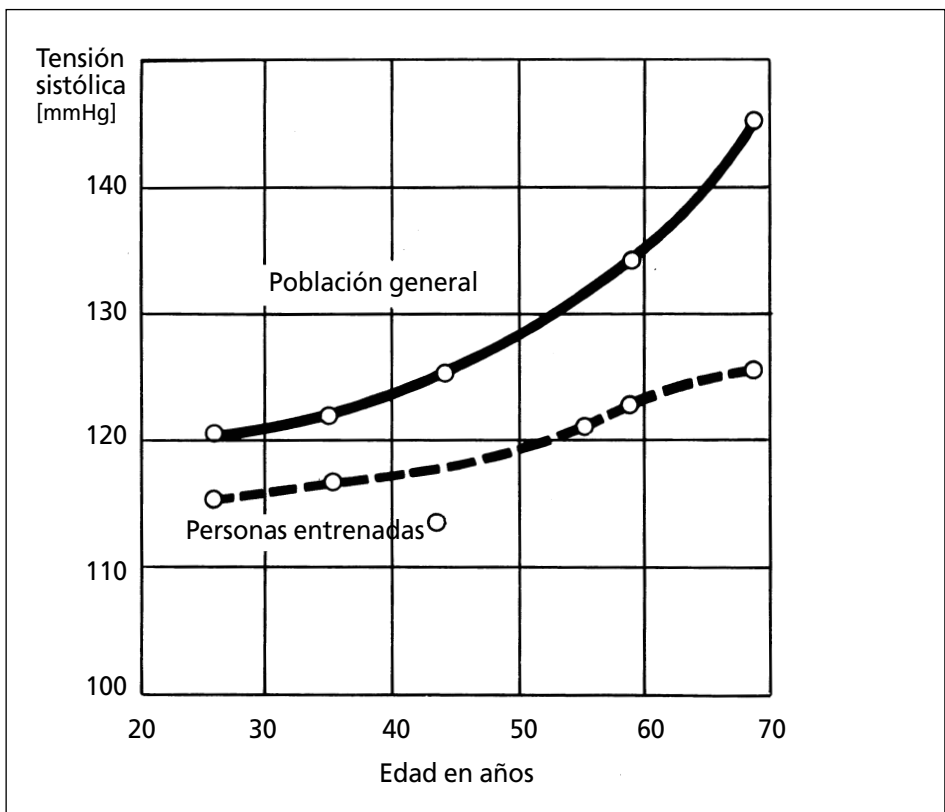


Figura 431. El comportamiento de la tensión arterial en sujetos entrenados en resistencia en comparación con la población normal (de Mellerowicz/Franz, 1981, 12).

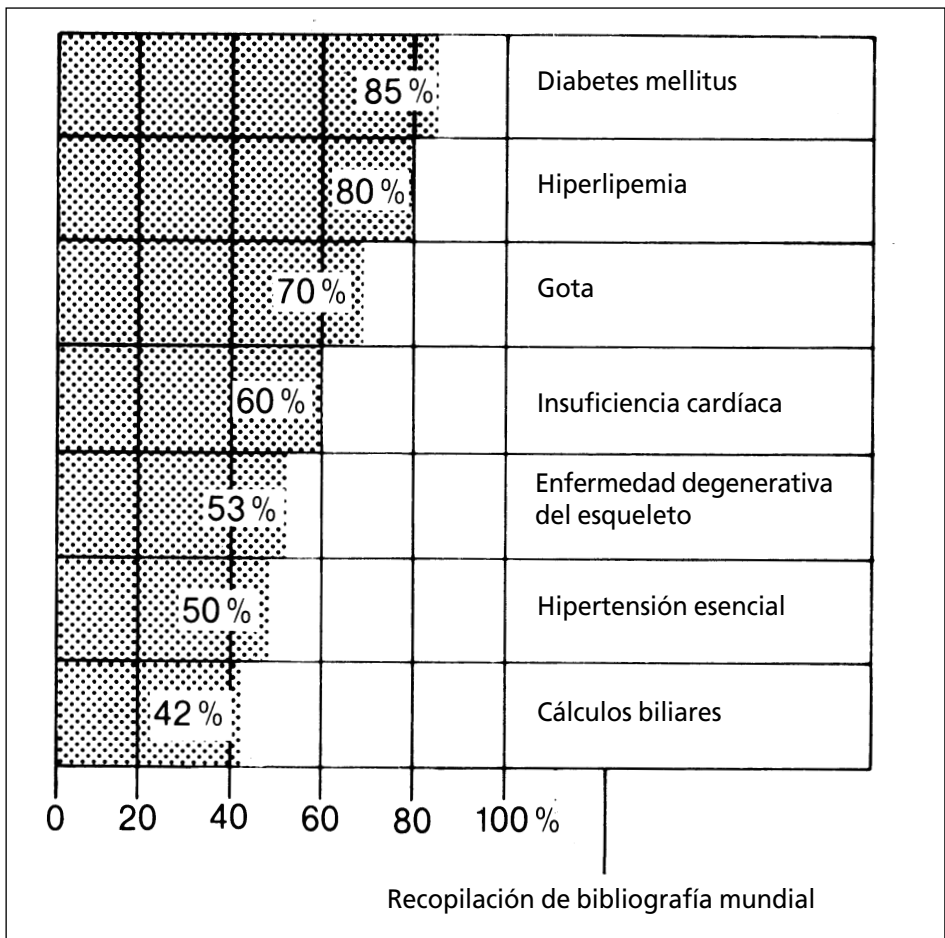


Figura 432. Porcentaje de individuos con sobrepeso en los diferentes grupos de enfermedades (recopilación de literatura especializada en todo el mundo, tomada de Heyden, 1975, 53).

La figura 431 muestra la interdependencia de entrenamiento de la resistencia y la tensión arterial, y de la tensión arterial y la edad. No obstante, el entrenamiento de la resistencia no siempre resulta apropiado para curar una hipertensión.

Existen *contraindicaciones relativas* en casos de trastornos de la regulación debidos a hipertensión y en el caso de hipertensión lábil primaria del nivel de gravedad II.

Como *contraindicaciones absolutas* se consideran:

- Hipertensiones agudas, fijas, esenciales (tensión sistólica superior a 200 mmHg y diastólica superior a 120 mmHg).
- Hipertensiones secundarias.
- Concurrencia de enfermedades generales, incluida convalecencia.
- Complicaciones cardíacas.
- Hipertensión por carga.
- Hipertensión con descompensación circulatoria.
- Insuficiencia renal.

(cf. Chrastek/Adamirova, 1976, 66; Jahnecke 1974, 215; Matzdorff, 1975, 238.)

Importante. Antes de iniciar el entrenamiento con personas hipertensas se debe efectuar un test exhaustivo de la reacción circulatoria en el ámbito de las cargas que se intentan alcanzar en dicho entrenamiento (Franz, 1979, 36).

Influencia del entrenamiento de la resistencia sobre el tejido adiposo

De la figura 432 deducimos que el sobrepeso es un factor de riesgo en modo alguno desdeñable. Resulta evidente la elevada presencia de individuos con sobrepeso en los diferentes grupos de enfermedad.

Dado que la adiposidad tiene su origen, en casi todos los casos, en un exceso de calorías, la terapia fundamental es la correspondiente *dieta* con reducción masiva de calorías, asociada a un entrenamiento de la resistencia.

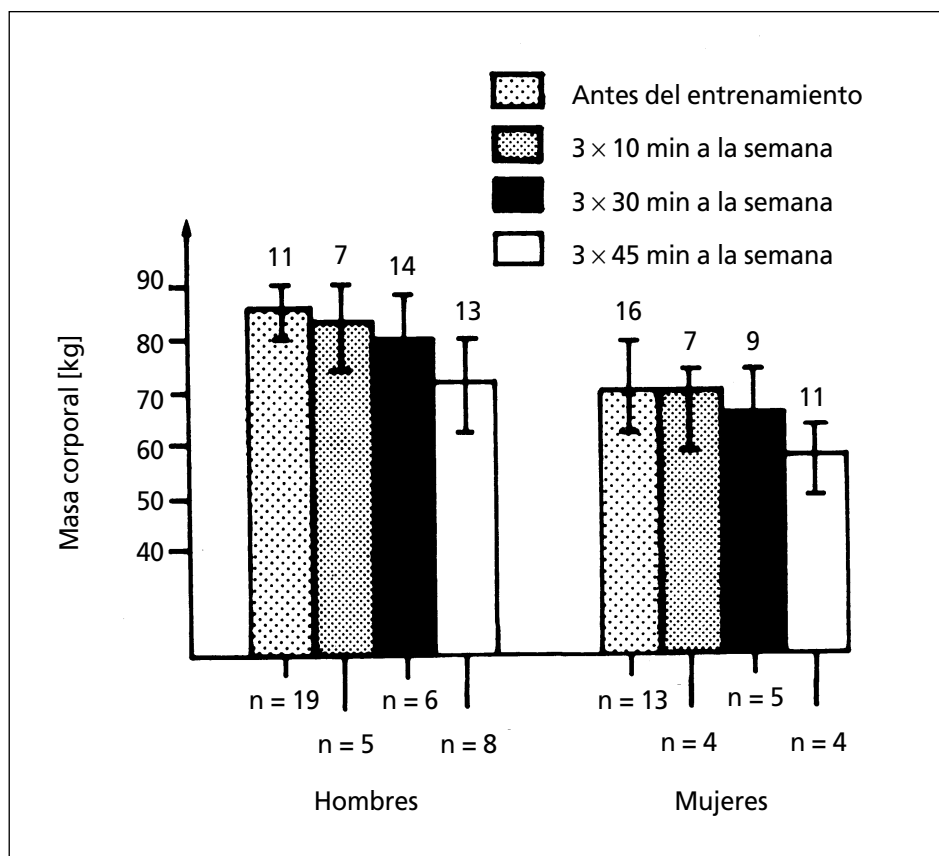


Figura 433. Reducción de peso debida a un entrenamiento básicamente de resistencia, con volúmenes de entrenamiento diferentes (de Bringmann, 1980, 135).

Sin embargo, la necesidad calórica derivada del entrenamiento de resistencia habitual apenas desempeña un papel relevante para la reducción de peso. El mecanismo de la reducción de peso se encuentra mucho más en una *estimulación del metabolismo general* (Hollmann, 1965, 35) y en una serie de adaptaciones morfológicas y bioquímicas que dificultan la acumulación de tejido adiposo (Israel, 1978, 213). Parizkova/Polende (citado en Israel, 1978, 213) encontraron en experimentos con animales que el ácido palmítico C¹⁴, marcado con radiactividad, se dirigía más al *músculo* de los animales *entrenados*, mientras que en los *no entrenados* se dirigía más hacia los *tejidos adiposos*; ello ocurría tanto en reposo como bajo carga. Así pues, el entrenamiento optimiza la distribución de la energía ingerida entre su almacenamiento y los órganos que consumen dicha energía. Además, el entrenamiento corporal, a través de la degradación de los triglicéridos y la inhibición paralela de su síntesis, consigue una notable *reducción del tamaño de las células adiposas* (Israel, 1978, 213); de acuerdo con Knittle, el hombre dispone como promedio de unos 25.000 millones de células adiposas.

Finalmente, la ventaja de las cargas corporales prolongadas radica además en la falta de apetito que se siente durante varias horas después del entrenamiento. Stevenson (citado en Israel, 1978, 214) pudo constatar, incluso después de cargas intensas, la presencia en la orina de sustancias “anorexígenas” (inhibidoras del apetito) en la forma de un glucopéptido.

La frecuencia y la duración de un entrenamiento de la resistencia ejercen un influjo decisivo sobre la reducción de peso conseguida (fig. 433).

A la hora de practicar un entrenamiento de la resistencia enfocado sobre todo a la reducción de las reservas de tejido adiposo, hemos de buscar un *volumen elevado* y una *intensidad escasa*: con una *intensidad escasa* –p. ej., con una frecuencia cardíaca de carga en torno a las 130 lat/min– se metabolizan sobre todo ácidos grasos, y por encima de esta cifra sobre todo hidratos de carbono (cf. pág. 158).

El *adelgazamiento* no sólo tiene un efecto favorable sobre el descenso de la tensión arterial, normalmente elevada en los individuos con sobrepeso, sino que impide también a largo plazo la aparición de alteraciones perjudiciales del corazón y del metabolismo. Intentamos aclarar la relación entre adiposidad, insuficiencia cardíaca potencial y génesis de la diabetes. Las células adiposas tienen, como es sabido, un elevado metabolismo de glucosa y necesitan por tanto un buen abastecimiento de sangre.

Así pues, para garantizar el abastecimiento de estas “asociaciones de células de lujo”, el corazón se ve sometido a una sobrecarga constante, máxime cuando en las personas adiposas, por la habitual carencia de movimiento, presenta un tamaño y una capacidad de rendimiento reducidos. Esta sobrecarga prolongada puede provocar a largo plazo la aparición de una insuficiencia cardíaca.

Pero las relaciones no se acaban aquí. Como el abastecimiento de glucosa de las células adiposas está estrechamente vinculado con una mayor necesidad de insulina –que permite a la célula la absorción de las sustancias energéticas (glucosa, ácidos grasos libres, aminoácidos)–, las personas con sobrepeso sufren a largo plazo una sobrecarga progresiva de las células productoras de insulina en los islotes del páncreas, y por tanto una insuficiencia de esta glándula. El resultado final puede ser una diabetes debida a la carencia de insulina.

Entrenamiento de la resistencia e hiperlipemia

Los valores elevados de lípidos en sangre (triglicéridos, colesterol) se consideran factores de riesgo importantes para la aparición de enfermedades cardiovasculares degenerativas, sobre todo de la arteriosclerosis (“calcificación de las arterias”).

Según las concepciones vigentes en la actualidad, la aterogénesis resulta de una acumulación de determinadas lipoproteínas –beta y prebeta lipoproteínas (LDL [*low-density lipoproteins*] y VLDL [*very low density lipoproteins*]) – en la pared interna de las arterias, que emigran desde el plasma sanguíneo a la pared arterial.

El entrenamiento de la resistencia permite reducir los valores de lípidos en sangre (cf. Strauzenberg/Clausnitzer, 1972, 240; Reuter/Liebold, 1972, 236; Lampman y cols., 1977, 652 s.; Wolff/Busch/Mellerowicz, 1979, 10; Hanefeld y cols., 1982, 68) y por otra parte incrementa la presencia de una fracción de lipoproteína alfa (HDL [*high-density lipoprotein*]), que supone un factor de protección decisivo frente a la arteriosclerosis (cf. Bang y cols., 1971, 1143 s.; Dufaux y cols., 1979, 124; Mellerowicz/Franz, 1981, 16 s.).

Entrenamiento de la resistencia y diabetes mellitus

Como factores causales de la manifestación de la diabetes se consideran, además de los factores hereditarios, una nutrición hipercalórica y un grado demasiado escaso de movimiento corporal.

En la diabetes, el efecto de ahorro de insulina provocado por la actividad corporal es conocido desde hace mucho tiempo. Los casos de diabetes leves pueden tratarse sin insulina con la correspondiente dieta y con una carga corporal dosificada (Hollmann, 1965, 47). Una serie de estudios muestran el influjo que la carencia de movimiento y la actividad corporal ejercen sobre el comportamiento del azúcar en sangre; así, Bühr (1963, 156), entre otros, ha podido mostrar que el reposo en cama retrasaba decisivamente la asimilación de la glucosa ya a partir del tercer mes; este proceso no se pudo observar en otras personas que guardaban cama asimismo, pero practicaban la correspondiente terapia de movimiento. Asimismo, Constam (1975, 88) pudo mostrar que la actividad corporal incrementa la absorción de glucosa en la célula, y ello con un nivel bajo de insulina. Además el entrenamiento parece elevar la sensibilidad de los tejidos ante la insulina, reduciendo por tanto las necesidades de esta hormona (Björntorp y cols., 1970, 631 s.). Finalmente, Goldstein y cols. (1953, 212) pudieron aislar en el músculo que trabaja un factor de efecto similar a la insulina, que no actúa en el músculo en reposo.

Como resumen podemos decir que el entrenamiento de la resistencia actúa favorablemente como medida preventiva y como terapia de apoyo al tratamiento de las personas con diabetes; en efecto, la célula muscular sólo puede asimilar glucosa cuando el músculo trabaja o bien en presencia de insulina; por el contrario, en reposo el músculo estriado apenas resulta permeable para la glucosa. Dado que la musculatura constituye el 40 % aproximado de la masa corporal, la actividad física desempeña un papel importante en la regulación de la glucosa en sangre y, por tanto, en la prevención de enfermedades vasculares diabetógenas.

Como conclusión hemos de señalar que el trabajo corporal es recomendable para los diabéticos estables, pero que en el caso de la diabetes descompensada puede producir cetoacidosis. *Por ello, un equilibrio correcto del metabolismo es condición previa para el trabajo muscular como uno de los pilares de la terapia de la diabetes* (Wahren, 1978, 1257).

Entrenamiento de la resistencia y estrés

Los estímulos de estrés producen un exceso continuo de *adrenalina*, la hormona del estrés (y del rendimiento). Su presencia incrementa la “disposición general a la alarma” y provoca una serie de reacciones psicofísicas (irritabilidad y atención, aumento de la frecuencia cardíaca, de la tensión arterial, de los niveles de glucosa y ácidos grasos en la sangre, etc.) que a la larga pueden acarrear consecuencias negativas para el bienestar general. Insomnio, escasa capacidad de recuperación, nerviosismo, agresividad y merma de la capacidad de rendimiento corporal son señales típicas de las cargas prolongadas por estrés. El *infarto de miocardio* puede ser el final de una vida de estrés prolongado. El movimiento –el entrenamiento de la resistencia– puede reducir la energía acumulada por los estímulos de estrés y por la simpaticotonía. La práctica del “entrenamiento para la salud” descrito al principio de este capítulo es suficiente para poner en marcha adaptaciones importantes, que llevan a una neutralización de las reacciones de respuesta producidas por el simpático. Así pues, el entrenamiento corporal reduce de forma natural el estrés y amortigua sus efectos dañinos (cf. Vester, 1976, 196). El entrenamiento regular de la resistencia contribuye a evitar las consecuencias a largo plazo del estrés, impidiendo su efecto sumativo: la actividad corporal tranquiliza cada vez más la “disposición a la alarma”.

La actividad deportiva, junto con un cambio adecuado de la forma de vida, es la herramienta *preventiva y terapéutica* más importante contra el estrés y sus efectos perjudiciales.

Esta exposición, breve y ciertamente incompleta, de los efectos de un entrenamiento de la resistencia sobre el corazón y sobre algunos factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares degenerativas y metabólicas debería aclarar el sentido que tiene un entrenamiento corporal a lo largo de toda la vida.

27 Entrenamiento de la fuerza en el sentido de un entrenamiento para conservar la salud

Aparte de la importancia que tiene el entrenamiento de la fuerza para alcanzar el nivel personal óptimo en el deporte de rendimiento, un entrenamiento de la fuerza moderado, de mantenimiento de la musculatura, con o sin pequeños pesos añadidos, tiene una importancia que no se debe subestimar. Si pensamos que cerca del 70 % de los accidentes en la edad avanzada se explican por una pérdida de las capacidades de marcha, carrera y salto, unida a una pérdida de las capacidades coordinativas, queda claro que la realización de un entrenamiento mínimo del aparato locomotor activo –incluido un trabajo suficiente de la movilidad– merece la pena absolutamente. Por otra parte, el fortalecimiento de los principales grupos musculares a lo largo de la vida (sobre todo de los músculos del abdomen y de la espalda) previene una degeneración postural precoz con sus correspondientes consecuencias dañinas.

Además, un entrenamiento general y dosificado de la fuerza reduce la *osteoporosis* que aparece con el paso de los años. La pérdida de sales minerales en los huesos se sitúa en hombres no entrenados, a partir de los 50 años, en el 0,4 % aproximadamente al año, y en mujeres no entrenadas y ya a partir de los 30 años en el 1 %. Esta tasa se incrementa en las mujeres hasta un 2 o 3 % durante y después de la menopausia, de modo que una mujer con 70 años de edad ha perdido un 30 % aproximadamente de su masa ósea de contenido mineral. Como muestra el estudio de Smith (1982, 72 s.), un programa de ejercicio mínimo incrementa ya el contenido mineral de los huesos –incluso en individuos en la novena década de vida–, previniendo así la osteoporosis. Esta medida preventiva tiene su expresión en una mayor estabilidad de los huesos y, como consecuencia, en un menor riesgo de fractura en los accidentes de la vida cotidiana.

El papel casi protagonista de la carencia de movimiento, esto es, de la reducción de la carga propia de la edad avanzada, en la génesis de la osteoporosis queda muy patente en los estudios de Pesch (1990, 129). Los cuerpos vertebrales de las vértebras cervicales, por la carga dinámica casi constante que soportan –la cabeza se mueve cons-

tantemente en las distintas direcciones de la mirada–, no presentan descalcificación alguna, mientras que en los cuerpos de las vértebras lumbares la reducción de la actividad corporal asociada a la edad –con el paso de los años nos vamos moviendo cada vez menos– produce una degradación de las estructuras esponjosas (trabeculares).

En la rehabilitación, el entrenamiento específico de la fuerza después de fases de inmovilización permite una recuperación rápida de las condiciones de fuerza originarias. Como métodos de entrenamiento apropiados podemos mencionar el entrenamiento isométrico en casos de restricciones motoras debidas a escayola, etc., y en casos de enfermedades cardiovasculares (p. ej., después de infarto de miocardio) diferentes programas bien dosificados con realización dinámica, y en primera línea la práctica del entrenamiento dinámico negativo, muy económico. El deportista de tiempo libre sin problemas ortopédicos o cardiovasculares debería practicar el entrenamiento de fuerza básico –después del calentamiento podría preceder a un entrenamiento de carrera continua–, en forma de circuito o estaciones (v. pág. 266) para fortalecer los principales grupos musculares.

Entrenamiento de la fuerza y el problema de la respiración forzada

El deportista que practica entrenamiento de la fuerza por motivos de salud debería evitar en la medida de lo posible la respiración forzada de cualquier tipo, pues el incremento de la presión intratorácica dificulta en un grado considerable la circulación venosa de retorno. Al respirar de forma forzada y con presión se produce, según Rost y cols. (1974, 122), una caída del volumen minuto cardíaco que puede llegar al 55 %, mientras que el volumen sistólico puede quedar en la tercera parte de su valor de partida. Son conocidos los síntomas de colapso como consecuencia de la presión. Su origen tiene que ver con carencias en el riego sanguíneo del cerebro. En deportistas entrenados y con un sistema circulatorio sano, la respiración forzada

carece de todo relieve. Sin embargo, para el deportista de tiempo libre y para el paciente con riesgo coronario, los ejercicios de fuerza con respiración forzada y presionada resultan inapropiados o contraindicados, pues el riego sanguíneo de la arteria coronaria desciende en la misma proporción en que disminuye el volumen cardíaco minuto (en torno al 45 %). Asimismo, las personas con esclerosis (estrechamientos vasculares degenerativos) en otras zonas circulatorias, sobre todo con esclerosis cerebral, deberían abstenerse de este tipo de ejercicios, según Rost y cols. (1974, 124), pues los aumentos de presión generados al retener la respiración (apnea) son considerablemente superiores a los generados en un entrenamiento dinámico efectuado con pesos más ligeros.

En este contexto hemos de aludir al uso generalizado de los *circuitos de atletismo popular* o *pistas finlandesas*, como combinación de entrenamiento simultáneo de la resis-

tencia y la fuerza. La mezcla de carrera/ejercicios de fuerza plantea un componente de riesgo al que no se le suele prestar mucha atención, pues los ejercicios de fuerza combinados con la carrera provocan *hipertensiones de trabajo* considerables (cf. Weineck, 1982, 515), unidas a una respiración forzada en alto grado. Como cargas inapropiadas podemos mencionar sobre todo las cargas estáticas como tracciones de escalada, planchas y ejercicios de abdominales.

Por este motivo, el entrenamiento general de la fuerza debería efectuarse *antes* del entrenamiento de carrera, y no en combinación inmediata con éste. Esta combinación supone un riesgo incalculable, y por tanto una contraindicación, para los deportistas de edad avanzada y con riesgo coronario.

Bibliografía

- Aaken, E. van: "Ärzte verunsichern Langläufer und Trimm-Traber". *Medical Tribune* 14 (1979), 1440.
- Adam, K.: "Handlungsmotivationskonzepte eines Praktikers". En: Lenk, H. (ed.). *Handlungstheorien interdisziplinär*, Fink Verlag, München 1981, tomo 3, pp. 435-476.
- Adam, K., J. Werchoshanskij: *Modernes Krafttraining im Sport*, Bartels und Wernitz, Berlin – München, 1972.
- Adam, K., J. Werchoshanskij: *Grundlagen des speziellen Krafttrainings im Sport*, Bartels und Wernitz. Berlin – München – (Frankfurt), 1974.
- Adamczewski, H., H. Dickwach: "Zum Zusammenhang zwischen Anlaufgeschwindigkeit und Sprungleistung". *Die Lehre der Leichtathletik* (1990) 41, 19-22; 42, 19-20; (1991) 19, 15-18; 20, 15-18; 21, 15-17.
- Adams, J. A.: *Human Memory*. McGraw-Hill, Nueva York, 1967.
- Adams, J. A.: "A closed-loop theory of motor learning". *Journal of Motor Behaviour* 3 (1971), 111-150.
- Adams, J. A.: "Theoretical issues of knowledge of results". En: Stelmach, G. E. (ed.). *Information processing in motor control and learning*, Academic Press, Londres, 1978.
- Adams, W. C., E. A. Bemauer, D. E. Dill, J. R. Bomar: "Effects of equivalent sea-level and altitude-training on VO_2 max, and running performance". *J. Appl. Physiol.* 39 (1975), 262-266.
- Adler, D.: "Ausgewählte Theorien des motorischen Lernens". *Leistungssport* 7 (1977), 484-487.
- Adlercreutz, H., M. Härkönen, K. Kuoppasalmi, H. Näveri, I. Huhtaniemi, H. Tikkanen, K. Remes, A. Dessypris, J. Karvonen: "Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise". *Int. J. Sports Med.* 7, Suppl. (1986), 27-28.
- Adolph, H.: *Talentsuche und Talentförderung im Sport*. Diesterweg, Frankfurt, 1979.
- Aebli, H.: Zur Einführung, en: Norman, D. A., D. E. Rumelhardt (eds.). *Strukturen des Wissens*, pp. 9-14, Klett Verlag, Stuttgart, 1978.
- Aebli, H.: *Denken: Das Ordnen des Tuns*. Klett Verlag, Stuttgart, tomo 1, 1980, tomo 2 1981.
- Ahmaidi, S. y cols.: "Maximal and functional capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects". *Int. J. Sports Med.* 13 (1992), 243-248.
- Ahonen, J. y cols.: *Sportmedizin und Trainingslehre*. Schattauer Verlag, Stuttgart, Nueva York, 1994.
- Akademischer Sportverband Zürich: *Théorie de l'entraînement à l'ASVZ, ETH, Zürich*, 1992.
- Akert, K.: "Struktur und Ultrastrukturen von Nervenzellen und Synapsen". *Klinische Wochenschrift* 49 (1971).
- Akeson, A., G. Bjoerck, R. Simon: "On the content of myoglobin in human muscles". *Acta Med. Scand.* 183 (1968), 307-316.
- Alexander, J., G. Molnar: "Muscular strength in children: Preliminary report of objective Standards". *Arch. phys. Med. Rehabil.*, Chicago 54 (1973), 424-427.
- Alexe, N.: "Methodische Kriterien der sportlichen Vorbereitung von Kindern und Jugendlichen". *Leistungssport* 3 (1973), 1, 14-23.
- Allers, R., F. Scheminsky: "Über Aktionsströme der Muskeln bei motorischen Vorstellungen und verwandten Vorgängen". *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie*, 212 (1926).
- Allmann, H.: "Maximalkraft und Sprintleistung - Maximalkrafttraining im Sprinttraining". En: Bührle, M. (ed.), *Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings*, Hofmann, Schorn-dorf, 1985 (actas de simposio), pp. 282-300.
- Always, S. E. y cols.: "Regionalized adaptation and fiber proliferation in stretch-induced muscle enlargement". *J. Appl. Physiol.* 66 (1989), 771-781.
- Always, S. E. y cols.: "Contrasts in muscle and myofibers of elite male and female bodybuilders". *J. Appl. Physiol.* 67 (1989), 24-31.
- Always, W. A. y cols.: "Functional and structural adaptations in skeletal muscle of trained athletes". *J. Appl. Physiol.* 64 (1988), 1114-1120.

- Ammons, R. B.: Le Mouvement. En: Seward, J. P., G. S. Seward (eds.), *Current psychological issues: Essays in honor of Robert S. Woodworth*, Londres, 1958, pp. 146-183.
- Ananjew, B. G.: *Psychologie der sinnlichen Erkenntnis*. Volk und Wissen Verlag, Berlín, 1963.
- Andersen, P., S. Sundberg, O. Sveen, H. Wigström: "Longlasting potentiation of synaptic transmission in the hippocampus: A neurophysiological model for neuronal plasticity". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.), *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlín, 1979, pp. 19-26.
- Anderson, B.: *Stretching*. Hühner Verlag, Waldeck-Dehringhausen, 1982. Existe traducción castellana: *Estirándose*, RBA, 1993.
- Andresen, R., Ch. Kröger: "Zum Problem des *drop out* im Jugendsport (am Beispiel Volleyball) – Zwischenbericht einer Längsschnittuntersuchung". *Leistungssport* 11 (1981), 3, 178-191.
- Andresen R., C. Kröger: "Talentbewahrung als vorrangiges Ziel eines langfristigen Leistungsaufbaus". *Sportwissenschaft* 17 (1987), 53-70.
- Andrianowa, G. y cols.: "Die Anwendung der Elektrostimulation für das Training der Muskelkraft". *Leistungssport* 4 (1974), 2, 138-142.
- Annett, M.: "A model of the inheritance of handedness and cerebral dominance". *Nature* 204 (1964), 59-60.
- Annett, M.: "A classification of hand preference by association analysis". *The British Journal of Psychology* 61 (1970), 303-321.
- Anochin, P.: "Physiologie und Kybernetik", en: Kittler, G. (ed.), *Psychologische Studientexte*. Volk und Wissen, Berlín, 1969, 2ª ed., p. 2.
- Antonio, J., W. Gonyea: "Skeletal muscle fiberhyperplasia". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 25 (1993), 1333-1345.
- Antonov, N.: "Speed barrier and ways of overcoming it". *Track & Field quart. Rev.* Kalamazoo (Mich.) (1987), 1, 53-55.
- Antretter, H.-D.: "Vielseitige Kräftigung" (serie 1). *Leichtathletiktraining* 5 (1994), 3, 4-9.
- Anzil, F., P. Modotto, S. Zanon: "Erfahrungsbericht über die Vermehrung der isometrischen maximalen Muskelkraft durch zusätzliche Elektrostimulation und die Kriterien ihrer Anwendung im Sport". *Leistungssport* 4 (1974), 2, 143-146.
- Apor, P., S. Siabo-Wahlstab, M. Miklos: "Zusammenhänge zwischen einigen aeroben und anaeroben Parametern". En: Hansen, G., H. Mellerowicz (eds.), 3. *Internationales Seminar für Ergometrie*, pp. 17-23, Berlín, 1972.
- Appell, H.-J.: "Morphologische Untersuchungen zur Wirkung des Höhentrainings". *Leistungssport* 10 (1980), 1, 54-60.
- Ardissou, J. y cols.: "Cardio-respiratory effects of interval training". *J. of Sports Med. and phys. Fitness* 13 (1973), 2, 74-89.
- Armstrong, R. B., M. H. Laughlin, J. A. Schwane, C. R. Taylor: "Differential inter- and intra-muscular responses to exercise: considerations in use of the biopsy technique". En: Knuttgen, H. G. y cols. (eds.), *Biochemistry of exercise*, Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois, 1983, pp. 775-780.
- Artus, H.: "Über Sinn und Gestaltung des Schulsports". *Materia Medica Nordmark* 24 (1972), 177-187.
- Ascoli, K. M., R. A. Schmidt: "Proactiv interference in short-term motor retention". *J. Mot. Behav.* 1 (1969), 12-16.
- Ashmore, C. R., P. J. Summers: "Stretch-induced growth of chicken muscles, myofibrillar proliferation". *Am. J. Physiol.* 241 (1981), C 93-C 97.
- Asmussen, E.: "Muscle fatigue". *Med. and Sci. in Sports II* (1979), 313-321.
- Asmussen, E., O. Boje: "The effect of alcohol and some drugs on the capacity of work". *Acta Physiol. Scand.* 15 (1948), 109 s.
- Asmussen, E., F. Bonde-Petersen: "Storage of elastic energy in skeletal muscles in man". *Acta Physiol. Scand.* 91 (1974), 385-392.
- Åstrand, I. y cols.: "Myohemoglobin as an oxygen-store in man". *Acta Physiol. Scand.* (1960), 454-460.
- Åstrand, P.-O., K. Rodahl: *Testbook of work physiology*, McGraw-Hill, Nueva York, 1977. Existe traducción castellana: *Fisiología del trabajo físico*. Ed. Médica Panamericana, 1992.
- Babanin, V., V. Kuznecov, V. Kozlov: "Zum rationellen Einsatz der Muskelkraft in den Wurfdisziplinen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 22 (1973), 439 f.
- Baca, J.: "To the effect of isometric, intermediary and isotonic exercises on strength development". *Acta Fac. Educ. Phys. Univers. Com.*, publication IX, Bratislava 1969.
- Badtke, G.: "Zu einigen trainingsmethodischen Aspekten im Alterssport". *Medizin und Sport* 22 (1982), 116-118.
- Badtke, G.: *Sportmedizinische Grundlagen der Körpererziehung und des sportlichen Trainings*. Barth, Leipzig, 1987.
- Badtke, G.: "Diagnostik und manualtherapeutische Einflußnahme auf Funktionsstörungen des Bewegungsapparates nach Sportverletzungen". *Medizin und Sport* 28 (1988), 33-36.
- Badtke, G.: *Sportmedizinische Grundlagen*. Deutsch, Thun – Francfort del Meno, 1989.
- Badtke, G., E. Roderfeld: "Muskelfunktionsstörungen bei gesunden Schulkindern". *Manuelle Medizin* 24 (1986), 87-90.
- Baier, H., C. Rompel-Pürckhauer: "Tagesrhythmische Variationen der Kreislauf- und Thermoregulation und der Trainierbarkeit". *Dt. Z. Sportmed.* 29 (1978), 323-328.
- Bakan, P., G. Dibb, P. Reed: "Handedness and birth stress". *Neuropsychologia II* (1973), 363-366.

- Baldwin, K. y cols.: "Respiratory capacity of white, red and intermediate muscle: adaptative response to exercise". *Amer. J. of Physiol.* 222 (1972), 373-378.
- Ballarin, E., C. Borsetto, M. Cellini, M. Patracchini, P. Vitiello, F. Conconi: "Adaptation of the "Conconi" Test to children and adolescents". *Int. J. Sports Med.* 10 (1989), 334-338.
- Ballor, D. L., M. D. Becque, C. R. Marks, K. L. Nau, V. L. Katch: "Physiological responses to nine different exercise-rest protocols". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 21 (1989), 90-95.
- Ballreich, R.: *Weg- und Zeitmerkmale von Sprintbewegungen*. Bartels & Wernitz, Berlin 1969.
- Ballreich, R.: "Probleme und Methoden der Bewegungsforschung". *Sportwissenschaft* 2 (1972), 9-32.
- Bang, H., J. Dyerberg, A. Nielsen: "Plasma lipid and lipoprotein pattern in Greenlandic westcoast eskimos". *Lancet* (1971), 1, 1143-1146.
- Banister, E. W., W. Rajendra, B. Match: "Ammonia as an indicator of exercise stress: implications of recent findings to Sports medicine". *Sports Med.* 2 (1985), 34-46.
- Barclay, J., W. Stainsby: "The role of blood flow in limiting maximal metabolic rate in muscle". *Med. and Sci. in Sports* 7 (1975), 116-119.
- Barnbeck, U.: "Zur Struktur der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Einordnung des Psychischen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 617-619.
- Baron, R., N. Bachl, L. Prokop: "Stehvermögenindex – eine Möglichkeit zur Beurteilung der anaeroben Ausdauer am Beispiel Fußball". *Österr. J. Sportmed.* 17 (1987), 1, 4-7.
- Baron, R., R. Petschnig, N. Bachl, A. Engel: "Isokinetische Messungen der Streckkraft des Musculus quadriceps femoris bei gesunden untrainierten Personen im Vergleich zu Kraftsportlern". *Medizin und Sport* 29 (1989), 207-210.
- Bar-Or, O.: "Physiologische Gesetzmäßigkeiten sportlicher Aktivität beim Kind". En: Howald, H., E. Hahn (eds.). *Kinder im Leistungssport*, Birkhäuser, Basilea – Boston – Stuttgart, 1982.
- Barsley, M.: "The left-handed book - an investigation into the sinister history of left-handedness", Londres. 1966.
- Bartel, W.: "Die Bedeutung unterschiedlicher wöchentlicher Trainingshäufigkeit bei definierter Reizintensität und -dauer für die Entwicklung der physischen Leistungsfähigkeit". *Medizin und Sport* 17 (1977), 18-27.
- Bartel, W.: "Die Wirksamkeit eines wöchentlich einmal durchgeführten Trainings auf ausgewählte Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit". *Wissenschaftl. Z. der DHfK*, Leipzig 18 (1977), 2, 109-120.
- Bartel, W.: "Ausgewählte Probleme der Trainingsgestaltung im Freizeit- und Erholungssport der Werktätigen unter dem Aspekt der Betonung des Ausdauerlaufs". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), 55-57.
- Barth, B.: "Strategie und Taktik - Gegenstand der Theorie und Methodik des sportlichen Trainings". *Wissenschaftl. Z. der DHfK*, Leipzig 17 (1976), 3, 57-65.
- Barth, B.: "Zur technisch-taktischen Grundausbildung im Fechten". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 288-293.
- Barth, B., H. Kirchgässner, F. Schubert: "Zur strategisch-taktischen Ausbildung im Nachwuchstraining der Kampfsportler". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 757-763.
- Bartlett, F.: *Remembering*. Cambridge University Press, Cambridge 1932. Existe traducción castellana: *Recordar: estudio de psicología experimental y social*. Alianza Editorial, 1995.
- Bartonietz, K.: "Effektivität im Krafttraining". *Leistungssport* 22 (1992), 5, 5-14.
- Bauer, G., H. Ueberle: *Fußball - Faktoren der Leistung, Spieler- und Mannschaftsführung*. BLV Verlagsgesellschaft, München - Viena - Zürich, 1984. Existe traducción castellana: *Fútbol*. Ed. Martínez Roca, 1988.
- Bauer, H.: "Das Prinzip der sogenannten objektiv-ergänzenden Schnellinformation - Ansätze zur Präzisierung einer Trainingsmethodik". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 665-668.
- Bauermeister, W., H. Teuber: *Lehrbuch des Schulsondeturnens*. Dümmler, Bonn 1971.
- Bauersfeld, M.: "Standpunkte zur Ausbildung der Schnelligkeit im Grundlagentraining". *Theorie und Praxis Leistungssport* 24 (1986), 10, 98-103.
- Bauersfeld, M., G. Voß: *Neue Wege im Schnelligkeitstraining*. Philippka Verlag, Münster 1992.
- Baumann, S.: "Die Einstellung als funktionales Regulativ sportlichen Handelns". *Leistungssport* 11 (1981), 294-300.
- Baumann, S.: *Praxis der Sportpsychologie*. blv Verlag, München 1986.
- Baur, J.: "Über die Bedeutung 'sensibler Phasen' für das Kinder- und Jugendtraining". *Leistungssport* 17 (1987), 4, 9-14.
- Beaubaton, D., G. Amato, E. Trouche, E. Legallet: "Effects of putamen cooling on the latency. Speed and accuracy of a pointing movement". *Brain Research* 196 (1980), 572- 576.
- Beaulieu, J. E.: "Developing a stretching program". *Physician Sports Med.*, Minneapolis 9 (1981), 11, 59-69.
- Beck, E.: "Mentales Training in der Vorbereitung des Fechters". *Leistungssport* 7 (1977), 212-213.
- Becker, U., K. Oltmanns: "Umsteiger statt Aussteiger? - Überlegungen zur Vielseitigkeit im Nachwuchstraining". *Die Lehre der Leichtathletik* (1984), 17, 1271-1274.
- Behrend, R.: "Methodische Lösungen für ein schnelligkeitsorientiertes Sprungtraining im leichtathletischen Aufbautrai-

- ning (Disziplinengruppe Sprung/Mehrkampf)". Leipzig, DHfK, tesis doctoral, 1988.
- Behrmann, R., J. Weineck: *Diabetes und Sport*. Perimed Fachbuch Verlagsges., Erlangen 1992.
- Bell, H. M.: "Retention of pursuit rotor skill after one year". *J. Exp. Psychol.* 40 (1950), 648-649.
- Bell, R. D., J. D. Mac Dougall, R. Billeter, H. Howald: "Muscle fiber types and morphometric analysis of skeletal muscle in 6-year-old children". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 12 (1980), 28-31.
- Belmont, L., H. G. Birch: "Lateral dominance and right-left awareness in normal children". *Child Development* 34 (1963), 257-270.
- Belmont, L., H. G. Birch: "Lateral dominance, lateral awareness and reading disability". *Child Development* 36 (1965), 71.
- Benedek, E.: *Fußballtraining mit Kindern und Junioren*. Bartels & Wernitz, Berlin, 1987. Existe traducción castellana: *Fútbol infantil*. Paidotribo, 2001.
- Benedek, E., J. Pálfai: *Fußball - 600 Übungen*, Bartels & Wernitz, Berlin - Múnich - Francfort 1980. Existe traducción castellana: *Fútbol: 250 ejercicios de entrenamiento*. Paidotribo, 2000.
- Beneke, R., G. P. Brüggemann, K. Bohndorf, W. Ritzdorf, W. Hollmann: "Die Bedeutung der Computertomographie in der Muskelkraftdiagnostik". *Dt. Z. Sportmed.* 41 (1990), 160-168.
- Benton, A. L.: "The minor hemisphere". *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* 27 (1972), 5-11.
- Benzi, G.: "Die Beurteilung der Wiederherstellung nach anaeroben Belastung – praktische Empfehlungen aus physiologischer Sicht". *Leistungssport* 8 (1978), 507-512.
- Benzi, G., E. Arrigoni, E. Merlati: "Zur Bedeutung enzymatischer Veränderungen in den Mitochondrien durch Ausdauertraining". *Leistungssport* 6 (1976), 55-57.
- Berdina, N. y cols.: "Increase in skeletal muscle performance during emotional stress in man". *Circulat. Res.*, Nueva York (1972), 6, 642-650.
- Berg, A.: "Die aktuelle Belastbarkeit – Versuch ihrer Beurteilung anhand von Stoffwechselgrößen". *Leistungssport* 7 (1977), 420-424.
- Berg, A., J. Keul, G. Haber: "Biochemische Akutveränderungen bei Ausdauerbelastungen im Kindes- und Jugendalter". *Monatsschr. Kinderheilkunde* 128 (1980), 490-495.
- Berger, J.: "Zu einigen Fragen der Muskelkraft im Kindes und Jugendalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 14 (1965), 1083-1092.
- Berger, J.: "Periodisierung des sportlichen Trainings". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 933-937.
- Berger, J., M. Hauptmann: "Krafttraining im frühen Schuljugendalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 38 (1989), 422-426.
- Bergh, U. y cols.: "Maximal oxygen uptake and muscle fiber types in trained and untrained humans". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 10 (1978), 151-154.
- Berghold, F.: "Was wissen Sie über das Höhenklima?" *Medical Tribune* (1982), 13, 64.
- Bergius, R.: "Übungsübertragung und Problemlösen". En: Gottschaldt, K. y cols. (eds.). *Handbuch der Psychologie*. Tomos 1, 2, pp. 284-325. Verlag für Psychologie, Hogrefe, Göttingen, 1964.
- Bergström, J., G. Guarneri, E. Hultman: "Carbohydrate metabolism and electrolyte changes in human muscle tissue during heavy work". *J. of Appl. Physiol.* 30 (1971), 122 s.
- Bergström, J., R. C. Huris, E. Hultman, L.-A. Nordesjö: "Energie rich phosphagens in dynamic and static work". En: Pernow, Saltin (eds.). *Muscle metabolism during exercise*. Plenum Press, Nueva York, 1971, pp. 341-355.
- Bergström, J., E. Hultman, B. Saltin: "Muscle glycogen consumption during cross-country skiing (the vasa ski race)". *Int. Z. f. angew. Physiol.* 31 (1973), 71-75.
- Berner, G. E., D. E. Berner: "Relation of ocular dominance, handedness, and the controlling eye in binocular vision". *Archives of Ophthalmology* 50 (1953), 603-608.
- Bernhard, G.: "Talentsicherung – ein Beitrag zur Wirksamkeit der Talentsuche". *Die Lehre der Leichtathletik* (1981), 169-170.
- Bernstein, N. A.: *Bewegungsphysiologie*. Barth, Leipzig 1975.
- Berquet, K.: "Orthopäden studieren Beweglichkeit". *Medical Tribune*, Actas de congreso 32 (1979), 3225.
- Berthold, F., W. Jelinek, R. Albrecht: "Die Bedeutung des Muskelfunktionstests nach Janda für die sportärztliche Praxis". *Medizin und Sport* 21 (1981), 171-174.
- Berthold, F., P. Thierbach: "Zur Belastbarkeit des Halte- und Bewegungsapparats aus sportmedizinischer Sicht". *Medizin und Sport* 21 (1981), 165-171.
- Betz, M., F. Klimt: "Beweglichkeitsprüfung für Hüftgelenk und Wirbelsäule bei Kindern und Jugendlichen". *Haltung und Bewegung* (1993), 4, 5-8.
- Beulke, H.: "Kritische Aspekte zur Elektrostimulation als Trainingsmittel". *Leistungssport* 8 (1978), 224-235.
- Beulke, H.: "Kybernetische Gesichtspunkte zur Steuerung und Regelung sportlicher Bewegungsprozesse". *Leistungssport* 10 (1980), 171-189.
- Binkhorst, R. A., H. C. G. Kemper, W. H. M. Saris (eds.): *Children and exercise XI*. Human Kinetics Publ., Champaign, Ill., 1985.
- Binz, C.: "Bedeutung der Ausdauer für Training und Spiel". *Fußballtraining* 3 (1984), 27-35.

- Binz, C.: "Konditionstests für das Fußballspiel". *Fußballtraining* 3 (1985), 4/5, 33-41.
- Binz, C., J. Wenzel: "Dem Training der Antrittsschnelligkeit mehr Beachtung schenken". *Fußballtraining* 5 (1987), 8, 3-9.
- Bisanz, G.: "Beantwortung von Leserfragen". *Fußballtraining* 1 (1983), 5, 32-38.
- Bisanz, G.: "Fußballtraining im Kindes- und Jugendalter (series 1^a-3^a)". *Fußballtraining*, volumen mixto 1 (1983), 52-63.
- Bisanz, G.: "Das Training einer Amateurm Mannschaft in der Vorbereitungsperiode". *Fußballtraining* 1 (1983), 3, 25-28, y *Fußballtraining*, volumen mixto 1 (1983), 31-33.
- Bisanz, G.: "Periodisierung des Trainings unter besonderer Berücksichtigung der Vorbereitungsperiode". *Fußballtraining* 3 (1985), 4/5, 5-14.
- Bisanz, G.: "Vorbereitungstraining auf die neue Spielserie für den Jugend- und Amateur-Seniorenbereich". *Fußballtraining* 3 (1985), 7, 5-12.
- Bisanz, G.: Grundsätze für die Saisonvorbereitung mit Jugendlichen. *Fußballtraining* 6 (1988), 5, 9-14.
- Bisanz, G.: "Konditionstraining für B- und A-Jugendliche". *Fußballtraining* 6 (1988), 5/9, 25-30.
- Bisanz, G., G. Gerisch: *Fußball: Training - Technik - Taktik*. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 1988.
- Bischoff, R.: "Analysis of muscle regeneration using single myofibers in culture". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 21 (1989), Supplement, pp. 164, 172.
- Bischoff, R.: "Cell cycle commitment of rat muscle satellite cells". *J. Cell. Biol.* 111 (1990), 201-207.
- Bisiacchi, P. S.: "Lefthandedness in fencers: an attentional advantage?" *Perceptual and Motor Skills* 61 (1985), 507- 513.
- Björntorp, P. y cols.: "The effect of physical training on insulin production in obesity". *Metabolism* 19 (1970), 631- 638.
- Blakeslee, T. R.: *Das rechte Gehirn - Das Unbewusste und seine schöpferischen Kräfte*. Aurnum-Verlag, Freiburg i. Br, 1982.
- Blaser, P.: "Die Entwicklung der konditionellen Fähigkeiten Schnelligkeit und Schnelligkeitsausdauer im Sportschwimmen bei Schülern der 6. Klasse". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 445-447.
- Blau, A.: *The master hand - a study of the origin and meaning of right and left sidedness and its relation to personality and language*. Nueva York, 1946.
- Bley, W.: "Die Dreifach-Periodisierung". *Der deutsche Schwimmsport* 27 (1977), 839-842.
- Bley, W.: "Gedanken zur Periodisierung 78/79". *Der deutsche Schwimmsport* 28 (1978), 140.
- Bloomfield, J., P. A. Fricker, K. D. Fitch (eds.): *Textbook of science and medicine in sport*. Human Kinetics Publ., Champaign, Ill., 1992.
- Blümchen, G. y cols.: "Langzeitbeobachtungen an Jugendlichen über Auswirkungen am Herz-Kreislaufsystem bei Hochleistungstraining und bei Schulsport". *Dt. Z. Sportmed.* 29 (1978), 263-272.
- Blume, D.: "Grundsätze und methodische Maßnahmen zur Schulung koordinativer Fähigkeiten". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 141-144.
- Blume, D.: "Zu einigen wesentlichen theoretischen Grundpositionen für die Untersuchung der koordinativen Fähigkeiten". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 29-36.
- Blume, D.: "Zur Diagnostik koordinierter Fähigkeiten bei trainierenden Kindern". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), 55-56.
- Böhles, H. J.: "L-Carnitin-Präventionsprinzip voller Aktualität und höchster Güte". *TW Sport + Med.* 5 (1993), 126-127.
- Böhmer, D.: "Die Beurteilung von Leistungsfähigkeit und Trainingszustand im Blutserum". *Sportarzt u. Sportmed* 23 (1972), 6-8.
- Böning, D.: "Muskelkater - Ursachen, Vorbeugung, Behandlung". *Dt. Z. Sportmed.* 39 (1988), número especial, 4-7.
- Bös, K.: *Handbuch sportmotorischer Tests*. Verlag für Psychologie, Hogrefe, Göttingen 1987.
- Bös, K., H. Mechling: *Dimensionen sportmotorischer Leistungen*. Hofmann, Schorndorf 1983.
- Boiko, V. V.: *Die gezielte Entwicklung der Bewegungsfähigkeit des Sportlers*. Deutscher Sportbund, Francfort, 1990.
- Bolm, M.: "Arbeit mit Zugwiderständen als Möglichkeit eines schonenden Krafttrainings im Nachwuchsbereich des Sprints". *Die Lehre der Leichtathletik* 12 (1993), 15-17 und 18, 15-17 (1993), 12, 15-17; 13, 15-17.
- Bolt, W. et al: "Über die Druckverhältnisse im Kleinen Kreislauf, rechten Herzen und in den dem Herzen vorgelagerten Venen unter den Bedingungen der Bürgerschen Preßdruckprobe". *Z. Kreislauf.* 44 (1955).
- Bondartschuk, A., L. S. Iwanowa, W. Winnitschuk: "Zum speziellen Schnellkrafttraining von Werfern". *Lehre der Leichtathletik* (1975), 1315-1316.
- Boobis, L. H.: Metabolic aspects of fatigue during sprinting. En: Macleod, D., R. Maughan, M. Nimmo, T. Reilly, C. Williams (eds.). *Exercise - benefits, limits and adaptations*. Spon, Londres - Nueva York, 1987, pp. 116-143.
- Boobis, L., C. Williams, S. A. Wootton: "Human muscle metabolism during brief maximal exercise". *J. Physiol.* 338 (1982), 21-22.
- Boobis, L. H., C. Williams, S. A. Wootton: "Influence of sprint training on muscle metabolism during brief maximal exercise in man". *J. Physiol.* 342 (1983), 36-37.

- Bormann, T., U. Pahlke, H. Peters: "Blutlaktatkonzentrationen nach Wettkampfbelastungen im Schwimmen und Laufen bei 9-jährigen Kindern". *Medizin und Sport* 21 (1981), 198-201.
- Borzov, V.: "Training procedures in sprinting". *Mod. Athlete & Coach* 22 (1984), 2, 15-17.
- Bosco, C.: "Kontrolle des Krafttrainings durch das Kraft-Geschwindigkeits-Verhältnis". *Leistungssport* 13 (1983), 6, 23-28.
- Bosco, C.: "Adaptive response of human skeletal muscle to simulated hypergravity condition". *Acta Physiol. Scand.* 124 (1985), 507-513.
- Bosco, C.: "L'effetto del pre-stramento sul comportamento del muscolo scheletico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva". *Atleticastudi* 16 (1985), 7-117.
- Bosco, C.: "New test for training control of athletes. En: G.-P., J. K. Rühl (eds.). *Techniques in athletics*. Brüggemann, Sport u. Buch Strauß, Colonia, 1990, vol. 1, Main Conference-keynote symposia, pp. 264-295.
- Bosco, C.: *La valutazione della forza con il test di Bosco*. Società Stampa Sportiva, Roma, 1992. Existe traducción castellana: *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Paidotribo, 1994.
- Bosco, C.: "Eine neue Methodik zur Einschätzung und Programmierung des Trainings". *Leistungssport* 22 (1992), 5, 21-28.
- Bosco, C., P. V. Komi: "Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles". *Europ. J. Appl. Physiol.* 41 (1979), 275-284.
- Bosco, C., P. V. Komi: "Potentiation of mechanical behaviour of human skeletal muscle through prestretching". *Acta Physiol. Scand.* 106 (1979), 467-472.
- Bosco, C., P. V. Komi, P. Locatelli: "Physiologische Betrachtungen zum Tiefsprungtraining". *Leistungssport* 9 (1979), 434-439.
- Bosco, C., C. Pittera: "Zur Trainingswirkung neuentwickelter Sprungübungen auf die Explosivkraft". *Leistungssport* 12 (1982), 1, 36-39.
- Bosco, C. y cols.: "Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise". *Acta Physiol. Scand.* 114 (1982), 557-565.
- Bosco, C. y cols.: "Der Einfluß des Trainings auf das mechanische Verhalten und das biomechanische Profil der Streckmuskeln von Sportlern". *Leistungssport* 19 (1989), 1, 44-46.
- Bösen, K. O.: "Experimental speed training". *Track Technique* (1979), 2382-2383.
- Brack, R.: "Trainingslehre 2000 - Moderne Tendenzen der Trainingssteuerung" (1ª serie). *Handballtraining* 15 (1993), 4/5, 62-64; 66-71.
- Brake, H.: "Ringens und Raufen". *Fußballtraining* 8 (1990), 1, 31-33.
- Brandt, C.: "Entwicklung der visuellen Orientierungsfähigkeit bei Volleyballspielern". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), 114-117.
- Braumann, K.-M., M. Busse, N. Maassen: "Zur Interpretation von Laktat-Leistungskurven". *Leistungssport* 4 (1987), 35-38.
- Bray, Ch. W.: "Transfer of learning". *J. of Experiment. Psychol.* 11 (1928), 443-467.
- Brazier, M. A. B.: *Brain mechanisms in memory and learning: from the single neuron to man*. Raven Press, Nueva York, 1979.
- Brehm, W.: *Handeln und Lernen im Sportunterricht*. Limpert Verlag, Bad Homburg, 1981.
- Breitkecker, D., J. Osterbrink: "Erlebnisorientierte Ausdauer-schulung im Vor- und Grundschulalter unter Berücksichtigung der extensiven Intervallmethode". *Haltung und Bewegung* (1993), 1, 26-29.
- Bremer, D.: "Aktuelle Tendenzen im Triathlontraining". *Leistungssport* 20 (1990), 1, 40-44.
- Bremer, D., A. Pfütinger: "Viel essen, wenig trainieren". *Sport Spezial* (1991), 2, 46-47.
- Brettschneider, W. D.: *Sportunterricht 5-10*. Urban & Schwarzenberg, München - Berlin - Viena, 1981.
- Breuning, M.: "Das Krafttraining im Kindes- und Schüleralter als Präventivmaßnahme". *Haltung und Bewegung* (1985), 3, 6-22.
- Bringmann, W.: "Zu Fragen der Belastbarkeit im Schulsport aus sportmedizinischer Sicht". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 22 (1973), 843-848.
- Bringmann, W.: "Die Möglichkeiten der Eingliederung sportschwacher und leistungsgeminderter Schüler in den obligatorischen Sportunterricht". *Medizin und Sport* 16 (1976), 12-20.
- Bringmann, W.: "Wirkungen von Trainingsbelastungen auf leistungsphysiologische Parameter des Schulkindes". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 516-519.
- Bringmann, W.: "Zu einigen Aspekten der regelmäßigen sportlichen Tätigkeit im mittleren Lebensalter im Zusammenhang mit Gesundheit und Leistungsfähigkeit". *Medizin und Sport* 20 (1980), 134-138.
- Bringmann, W.: "Die Beeinflussung der Borderline-Hypertonie mit unterschiedlichen sportlichen Belastungsprogrammen". *Medizin und Sport* 22 (1982), 170-178.
- Bringmann, W., H. Budzisch: "Die Bedeutung von Freizeit- und Erholungssport für die Prävention der chronischen Herz-Kreislauf-Krankheiten". *Medizin und Sport* 19 (1979), 41-46.
- Brinkmann, J., H. G. J. M. Kuypers: "Cerebral control of contralateral and ipsilateral arm, hand and finger movements in the split-brain rhesus monkey". *Brain* 96 (1973), 653-674.
- Brotherhood, J. R.: "Human acclimatization to altitude". *Brit. J. Sports Med.* 8 (1974), 5-8.

- Brown, J. L.: "Differential hand usage in three-year-old children". *J. of Genetic Psychol.* 100 (1962), 167-175.
- Brozek, J., H. Taylor: "Tests of motor functions in investigations on fitness". *Amer. J. of Psychol.* 67 (1954), 590-611.
- Brückner, Ch.: "Aufgaben und Ziele der gesellschaftlichen Integration älterer Menschen". *Medizin und Sport* 22 (1982), 113-116.
- Bruner, J. S.: *Processes of cognitive growth: infancy*. 2^a ed., Clark Univ. Pr., Worcester, Mass., 1972.
- Brunn, W. A. von: "Der Schatz von Frankleben und die mitteldeutschen Sichelfunde". *Praehistorische Zeitschrift* 36 (1958), 1-70.
- Brynteson, P., W. Sinning: "The effects of training frequencies on retention of cardiovascular fitness". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 5 (1973), 29-33.
- Brzank K.-D., K.-S. Pieper: "Die Fasertypen im menschlichen Skelettmuskel - Basis für funktionelle Variabilität und energetische Effektivität in der Arbeitsweise des Muskels". *Medizin und Sport* 25 (1985), 129-133.
- Brzank, K.-D., K.-S. Pieper: "Muskelzelluläre Charakteristik von Sportlern mit ausgeprägten Schnelligkeitsfähigkeiten". *Medizin und Sport* 27 (1987), 11-14.
- Brzank K.-D., K.-S. Pieper: "Muskelstrukturelle Leistungsvoraussetzungen von Sportlern und ihre Beziehung zu ausgewählten funktionellen Parametern zur Eignungsbeurteilung". *Medizin und Sport* 30 (1990), 97-100.
- Buchberger, J.: "Der Einfluß verschiedener Trainingsarten auf die Arbeitskapazität von Jugendlichen". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 19 (1971), 3-11.
- Buchmann, K. E.: "Tiefmuskelentspannung (TME) – ein Verfahren für die Selbstentspannung". *Lehrhilfen für den Sportunterricht* (1974), 85–90.
- Buchmann, R.: "Beitrag der Biomechanik zur Optimierung der sportlichen Technik". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 456–460.
- Buchmeier, W.: "Zum mentalen Training - eine Einführung in Probleme und Ergebnisse". En: Günzel, W. (ed.). *Taschenbuch des Sportunterrichts*, Burgbücherei Wilhelm Schneider, Baltmannsweiler 1975, pp. 122-142.
- Buchmeier, W.: "Mentales motorisches Üben". Tesis doctoral, Bayreuth 1982.
- Bucy, P. C., J. F. Fulton: "Ipsilateral representation in the motor and premotor cortex of monkeys". *Brain* 56 (1933), 318-342.
- Buddecke, E.: *Grundriß der Biochemie*. De Gruyter, Berlín, 1971. Existe traducción castellana: *Elementos de bioquímica*. Omega, 1983.
- Budzisch, H., J. Brinkmeier: "Zur Entwicklung und inhaltlichen Zielstellung des Gesundheitssports". *Medizin und Sport* 19 (1979), 127-129.
- Bühlmann, A., E. Froesch: *Pathophysiologie*. Springer, Berlín - Heidelberg - Nueva York, 1974.
- Bühr, P.: "Über den Einfluß länger dauernder körperlicher Inaktivität auf die Blutzucker-Kurve nach oraler Glukosebelastung". *Helvetica* 1963.
- Bührle, M.: "Schnellkraft". *Spectrum der Sportwissenschaften* 5 (1993), 2, 5-29.
- Bührle, M., D. Schmidtbleicher: "Der Einfluß von Maximalkrafttraining auf die Bewegungsschnelligkeit". *Leistungssport* 7 (1977), 3-10.
- Bührle, M., D. Schmidtbleicher: "Komponenten der Maximal- und Schnellkraft". *Sportwissenschaft* 11 (1981), 11-27.
- Bührle, M., D. Schmidtbleicher: "Maximalkraft - Schnellkraft – Bewegungsschnelligkeit". En: Augustin, D., N. Müller (eds.). *Leichtathletiktraining im Spannungsfeld von Wissenschaft und Praxis*. Schors Verlag, Niedernhausen/Ts., 1981, pp. 256- 272.
- Bührle, M., E. Werner: "Das Muskelquerschnittstraining der Bodybuilder". *Leistungssport* 14 (1984), 3, 5-9.
- Bueno, M.: "Die anaerobe Schwelle-von der Euphorie zur Vertrauenskrise". *Leistungssport* 1 (1990), 13-17.
- Büttner, G.: "Händigkeit und Sport - eine Studie zur sportpraktischen Relevanz des Händigkeitsphänomens unter besonderer Berücksichtigung des kontralateralen Transfers". Trabajo para la test de acceso a la enseñanza media, Erlangen 1990.
- Buhl, H.: "Der extreme Dauerlauf - Fallstudie eines 24- Stunden- bzw. 100-km-Laufes". *Medizin und Sport* 18 (1978), 354 s.
- Bull, K.-J., Ch. Bull: "Körperliche Beweglichkeit und Leistungsfähigkeit". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 677-684.
- Bunk, W.: "Über die Häufigkeit von Bewegungsstörungen der Lendenwirbelsäule im Jugendalter im Sinne der Hüftlendentilstrecksteife". Tesis doctoral, Marburg 1985.
- Burke, D., K.-E. Hagbarth, G. B. Wallin: "Alpha-gamma - linkage and the mechanism of reflex reinforcement". En: Desmedt, J. E. (ed.). *Spinal and supraspinal mechanism of voluntary motor control and locomotion*, Karger, Basilea, 1980.
- Burke, R. E., R. V. Edgerton: "Motor unit properties and selective involvement in movement". *Exercise and Sport Sciences Review* 3 (1975), 31-69.
- Buskies, W., K. Liesner, K. Zieschang: "Zur Problematik der Steuerung der Belastungsintensität beim Dauerlauftraining älterer Männer". *Dt. Z. Sportmed.* 44 (1993), 568- 573.
- Buskirk, E. y cols.: "Work performance after dehydration: effects of physical conditioning and heat acclimatization". *J. of Appl. Physiol.* 12 (1958), 189-194.
- Busse, M., N. Maassen, M. Braumann, T. König: "Neuorientierung in der Laktatdiagnostik: Laktat als Glykogenindikator". *Leistungssport* 5 (1987), 33-37.

- Butenko, B.: "Die Steuerung des Trainings von Spitzensportlern". *Leistungssport* 2 (1972), 433-435.
- Butenko, B.: "Eine neue Ansicht zum Krafttraining der Werfer in der Vorbereitungsperiode", *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 945-948.
- Butenko, B.: "Schnelligkeits- und Kraftausdauer – die Basis der speziellen Ausdauer. *Leistungssport* 4 (1974), 172- 175.
- Buytendijk, F. J. J.: *Allgemeine Theorie der menschlichen Haltung und Bewegung*. Springer Verlag, Berlin, 1956.
- Buyze, G. y cols.: "Serum enzyme activity and physical condition. *J. of Sports Med. and phys. Fitness* 16 (1976), 155-164.
- Cabri, J. M. H., J. P. Clarys, W. Laube: "Zur Spezifität der isokinetischen Belastung im Sport". *Dt. Z. Sportmed.* 45 (1994), número extraordinario, 52-53.
- Callies, P.: "Psychologische Betreuungsmaßnahmen, theoretischer Hintergrund und praktische Anwendung am Beispiel der Basketballnationalmannschaft". *Leistungssport* 12 (1982), 230-236.
- Cameron, P. y cols.: "Effects of intravenous administration of ribonucleic acid upon failure of memory for recent events in pre-senile and aged individual". *Recent Advances Biol. Psychiatr.* 5 (1965), 365-373.
- Caplan, P. J., M. Kinsbourne: "Baby drops the rattle: asymmetry of duration of grasp by infants". *Child Development* 47 (1976), 532-534.
- Carbon, R. J.: "The female athlete", en: Bloomfield, J. y cols. (ed.). *Textbook of science and medicine in Sport*, 467-487. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois, 1992.
- Carl, K.: "Trainingswissenschaft – Trainingslehre". En: Haag, H. y cols. (eds.). *Theorie- und Themenfelder der Sportwissenschaft*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1989, pp. 216-228.
- Carl, K., M. Grosser: "Trainingssteuerung". En: Röthig, P. y cols. (eds.). *Sportwissenschaftliches Lexikon*, Hofmann Verlag, Schorndorf, 1992, 6ª ed., pp. 527-529.
- Cernikova, O., O. Daskevic: "Die aktive Selbstregulierung emotionaler Zustände des Sportlers". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 21 (1972), 811-835.
- Cerretelli, P. y cols.: Blood flow in exercising muscles. *Int. J. Sports Med.* 7 (1986), Suppl., 29-33.
- Chamberlain, H. D.: "The inheritance of left-handedness". *The Journal of Heredity* 19 (1928), 557-559.
- Chapman, S. J., J. M. Round, P. S. Ward: "Fiber type composition and contractile properties of three human muscles". *Physiol. Soc.* (1984), marzo, 51.
- Charitonova, L. G.: "Theoretische und experimentelle Begründung von Adaptionstypen im Sport". *Leistungssport* 23 (1993), 6, 7-8.
- Chasiotis, D.: "The regulation of glycogen phosphorylase and glycogen breakdown in human skeletal muscle". *Acta Phys. Scand.* 119 (1983), Suppl. 518.
- Chasiotis, D., E. Hultman, K. Sahlin: "Acidotic depression of cyclic AMP accumulation and phosphorylase b to atransformation in skeletal muscle of man". *J. Physiol.* 335 (1982), 197-204.
- Chasiotis, D., K. Sahlin, E. Hultman: "Regulation of glycogenolysis in human muscle in response to epinephrine infusion". *J. Appl. Physiol.* 54 (1983), 45-50.
- Chrastek, J., J. Adamirova: "Hoher Blutdruck und körperliche Übungen". *Z. für Kardiologie* 65 (1976), 54-67.
- Chripkova, A.: "Wissenschaftliche Grundlagen für die Vervollkommnung der Körpererziehung der Schüler". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 905-908.
- Christen, J. H.: "Psychophysiologische Aspekte des Sports". En: Thomas, A. (ed.). *Sportpsychologie, ein Handbuch in Schlüsselbegriffen*, Urban & Schwarzenberg, München – Berlin – Vienna, 1982, pp. 166-182.
- Christen, J., H. Sturm, J. Nitsch: "Sportbezogene Anwendungsmöglichkeiten von Biofeedback". *Leistungssport* 9 (1979), 188-201.
- Chrutschow, S. y cols.: "Der Einfluß von Sport auf den kardiorespiratorischen Apparat von Jugendlichen". *Medizin und Sport* 15 (1975), 365-369.
- Claparède, E.: "La psychologie de l'intelligence". *Scientas* 1937.
- Clarke, E., K. Dewhurst: *Die Funktionen des Gehirns - Lokalisationstheorien von der Antike bis zur Gegenwart*. Moos, München, 1973.
- Colectivo de Autores de la Pädagogische Hochschule E. Weisert: "Zur Ausbildung von Ausdauer und Technik im Nachwuchstraining". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), 612 s.
- Colectivo de Autores "Anatomische, physiologische und biochemische Grundlagen der Muskelkontraktionen", Schweizer Z. f. Sportmedizin 23 (1976), 31-37; 187-190; 269-277.
- Colectivo de Autores "The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining fitness in healthy adults", *Med. and Sci. in Sports* 10 (1978), 7-9.
- Colectivo de Autores "Sportpolitische und trainingswissenschaftliche Grundlagen für den Übungsleiter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 31 (1982), Suplemento 1.
- Coleman, A. E.: "Comparison of weekly strength changes following isometric and isotonic training". *J. of Sports Med. and phys. Fitness* 12 (1972), 26-29.
- Colliander, E. B., P. A. Tesch: "Effects of detraining following short term resistance training on eccentric and concentric muscle strength". *Acta Physiol. Scand.* 144 (1992), 23-29.

- Collins, G., A. Margoshes: "Right-handedness as a function of maternal heartbeat". *Perceptual and Motor Skills* 20 (1965), 443-444.
- Collins, R. L.: "When left-handed mice live in right-handed worlds". *Science* 187 (1975), 181-184.
- Cometti, G.: *Les méthodes modernes de musculation. Tome I: Données théoriques*. Univ. de Bourgogne, Dijon, 1988. Existe traducción castellana: *Los métodos modernos de musculación*. Paidotribo, 1998.
- Cometti, G.: *Les méthodes modernes de musculation. Tome II: Données pratiques*. Univ. de Bourgogne, Dijon, 1988.
- Cometti, G.: *La Pliometrie*. Univ. de Bourgogne, Dijon, 1988. Existe traducción castellana: *La pliometria*. INDE, 1998.
- Commandre, F.: "Électromusculation". *Médecine du Sport* 51 (1977), 6, 4-9.
- Comroe, J. H. y cols.: *Die Lunge, Klinische Physiologie und Lungenfunktionsprüfungen*. Schattauer, Stuttgart, 1964.
- Conconi, F. y cols.: "Determination of the anaerobic threshold by a non invasive field test in runners". *J. Appl. Physiol.* 4 (1982), 869-873.
- Constam, G.: "Diabetes mellitus – Die Grundlagen der Bewegungstherapie". *Ärztl. Praxis* 27 (1975), 87-90.
- Cook, T. W.: "Studies in cross education". *J. of experiment. Psychol.* 16 (1939), 144-160; 679-700.
- Cooper, K.: *Bewegungstraining*. Fischer, Frankfurt 1973.
- Copes, K., J. Rosentswieg: "The effects of sleep deprivation upon motor performance of ninth-grade students". *J. of Sports Med. Phys. Fitness* 12 (1972), 47 s.
- Corballis, M. C.: "The origins of human laterality". En: Malatesha, R., N. Hartlage (eds.). *Neuropsychology and cognition*. Nijhoff, La Haya, 1982, pp. 1-35.
- Corballis, M. C.: *Human laterality*. Academic Press, Nueva York, 1983.
- Corballis, M. C., J. L. Beale: *The ambivalent mind*. Nelson-Hall, Chicago, 1983.
- Coren, S., C. Porac: "Fifty centuries of right-handedness: the historical record". *Science* 198 (1977), 631-632.
- Cornelius, W. L., M. M. Hinson: "The relationship between isometric contractions of the hip extensors and subsequent flexibility in males". *J. of Sports Med. Phys. Fitness* 20 (1980), 75-80.
- Correll, W.: *Lernen und Verhalten, Grundlagen der Optimierung von Lernen und Lehren*. Fischer, Frankfurt, 1974.
- Costill, D. L., G. Branam, D. Eddy: "Determinants of marathon running success". *Int. Z. angew. Physiol.* 29 (1971), 249-254.
- Costill, D. L. y cols.: "Muscle glycogen utilization during exhaustive running". *J. of Appl. Physiol.* 29 (1971), 353-356.
- Costill, D. L., P. Bowers, G. Granam, K. Sparks: "Muscle glycogen utilization during prolonged exercise on successive days". *J. of Appl. Physiol.* 31 (1971), 834-838.
- Costill, D. L. y cols.: "Glycogen depletion pattern in human muscle fibers during distance running". *Acta Physiol. Scand.* (1973), 374-383.
- Costill, D. L., W. F. Fink, M. Pollock: "Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners". *Med. and Sci. in Sports* 8 (1976), 96-100.
- Costill, D. L. y cols.: "Muscle water and electrolytes following varied levels of dehydration in man". *J. of Appl. Physiol.* 40 (1976), 6-11.
- Costill, D. L., E. Coyle, G. Dalsky, W. Evans, W. Fink, D. Hoopes: "Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise". *J. of Appl. Physiol.* 43 (1977), 695-699.
- Costill, D. L., E. F. Coyle, W. F. Fink, G. R. Lesmes, F. A. Witzmann: "Adaptations in skeletal muscle following strength training". *J. of Appl. Physiol.* 46 (1979), 96-99.
- Costill, D. L., A. Barnett, R. Sharp, W. J. Fink, A. Katz: "Leg muscle pH following sprint running". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 15 (1983), 325-329.
- Cotta, H.: *Orthopädie*. Thieme, Stuttgart, 1978.
- Coyle, E., D. L. Costill, G. Lesmes: "Leg extension power and muscle fiber composition". *Med. and Sci. in Sports II* (1979), 12-15.
- Coyle, E. F., M. K. Hemmert, A. R. Coggan: "Effects of detraining on cardiovascular responses to exercise: role of blood volume". *J. appl. Physiol.* 60 (1986), 95-99.
- Cranach, M. von y cols.: *Zielgerichtetes Handeln*. Huber Verlag, Berna, 1980.
- Crasselt, W.: "Anthropometrische Werte im Entwicklungsverlauf während der Wachstumsperiode". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 21 (1972), 540-545.
- Crasselt, W.: "Stand und Probleme der körperlich-sportlichen Leistungsfähigkeit der jungen Generation". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), suplemento 2, 27-31.
- Crasselt, W., S. Israel, H. Richter: "Schnellkraftleistungen im Altersgang". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 33 (1984), 423-431.
- Crasselt, W., I. Forchel, R. Stemmler: *Zur körperlichen Entwicklung der Schuljugend in der Deutschen Demokratischen Republik*. Barth Verlag, Leipzig, 1985.
- Cratty, B. J.: *Motorisches Lernen und Bewegungsverhalten*. Limpert Verlag, Frankfurt, 1975.
- Cratty, B. J.: "Sozialpsychologische Auswirkungen von Schematheorien des motorischen Lernens". *Leistungssport* 7 (1977), 479-483.

- Cratty, B. J.: *Motorisches Lernen und Bewegungsverhalten*. 2ª ed., Limpert Verlag, Francfort, 1979.
- Creutzfeldt, O. D.: "Some neurophysiological considerations concerning "memory". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York – Londres, 1973, pp. 293 ss.
- Creutzfeldt, O. D.: *Cortex cerebri*. Springer Verlag, Berlin, 1983.
- Cronholm, B., D. Schalling: "A study of memory in aged people. En: Zippel, H. P. (ed.), *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York – Londres, 1973, pp. 23 ss.
- Cross, T. J.: "A comparison of the whole method, the minor game method, and the whole-part method of teaching basketball to ninth grade boys". *Res. Quart.* 8 (1937), 49-54.
- Cunningham, D., J. Faulkner: "The effect of training on aerobic and anaerobic metabolism during short exhaustive run". *Med. and Sci. in Sports* 1 (1969), 65-70.
- Currie, D., A. Bonen, A. N. Belcastro, R. L. Kirby, M. Sopper, A. R. Richards: "Glycogen utilization and circulatory substrate responses during match play soccer and soccer training sessions" (resumen). *Int. J. Sports Med.* 2 (1981), 271.
- Däumling, M.: "Bewegungsantizipation in Training und Wettkampf". Trabajo de licenciatura no publicado, Colonia, 1970.
- Däumling, M. y cols.: *Beiträge zum mentalen Training*. Limpert Verlag, Francfort del Meno, 1973
- Daniels, P.: "Acquisition, storage, and recall of memory for brightness discrimination by rats following intracerebral infusion of aceto-oxy cyclohexamide". *J. Comp. Physiol. Psych.* 76 (1971), 110-118.
- Daniels, J. y cols.: "Differences and changes in VO_2 max among young runners 10 to 18 years of age". *Med. and Sci. in Sports* 10 (1978), 200-203.
- Danko, J.: "Die Wiederherstellungsperiode nach Arbeit". En: Colectivo de autores, *Sportphysiologie*. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, 1974, cap. 20, pp. 345-356.
- Darcus, H. D., N. Salier: "The effect of repeated muscular exertion on muscular strength". *J. of Physiol.* 129 (1955), 325-336.
- Dart, R. A.: "The predatory implemental technique of australopithecus". *American Journal of Physical Anthropology* 7 (1949), 1-38.
- David, E.: "Musikerleben aus der Sicht der Naturwissenschaft". Separata de *Verhandl. Naturf. Ges.* Basilea 91 (1981), 7-100.
- Davies, C., A. Bornes: "Plasma FFA in relation to maximum power output in man". *Int. Z. f. angew. Physiol.* 30 (1972), 247 s.
- Davis, R., J. Mayhew: "Effects of recovery during interval training on cardiovascular function". *Brit. J. of Sports Med.* 8 (1974), 91-95
- Davis, W. W.: "Researches in cross education". *Studies from the Yale Psychological Laboratory* 6 (1898), 6-50, y 8 (1900), 64-108.
- Dawson, S. L. M.: "An anthropological perspective on the evolution and lateralization of the brain. En: Blizard, D. A., S. J. Dimond (eds.). *Evolution and Lateralization of the Brain*. Annals of the New York Academy of Sciences, tomo 299, Nueva York, 1977, pp. 424-447.
- Debrunner, H. U.: *Gelenkmessung, Längenmessung, Umfangmessung*. Berna, 1971.
- Degen, R.: "Warum es Rechts- und Linkshänder gibt". *Neue Zürcher Zeitung* 302 (30 Dic. 1987), 45.
- Deiss, D., U. Pfeiffer (eds.): *Leistungsreserven im Schnellkrafttraining - Trainingsstrategien mit Beispiellösungen in der Leichtathletik, im Skisprung und im Gewichtheben*. Sportverlag, Berlin, 1991.
- Demeter, A.: "Der Einfluß der körperlichen Belastung auf einige Funktionen bei 6-7jährigen Schülern". *Medizin und Sport* 16 (1976), 301-304.
- Demeter, A.: *Sport im Wachstums- und Entwicklungsalter*. Barth, Leipzig, 1981.
- Demeter, A. y cols.: "Das Verhalten der Schilddrüsenfunktion bei Sportlern vor und nach körperlicher Belastung". *Medizin und Sport* 15 (1975), 384-387.
- Deniskin, D., W. Kusnezow: "Die Entwicklung der Schnellkraft jugendlicher Kugelstoßer mit speziellen Trainingsapparaten nach der sogenannten Schlagmethode". *Leistungssport* 3 (1973), 339-343.
- Denner, A.: "Der Fußballer als Bodybuilder?" *Fußballtraining* 5 (1987), II, 11-16.
- Dennis, W.: "Early graphic evidence of dextrality in man". *Perceptual and Motor Skills* 8 (1958), 147-149.
- Descher, S.: "Einstellungsevidenz und Einstellungsvalenz - korrespondierende Komponenten sportlicher Einstellung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 19 (1970), 167-169.
- Desmedt, J. E., E. Gordaux: "Ballistic skilled movements: Load compensation and patterning of the motor commands". En: Desmedt, J. E. (ed.). *Cerebral motor control in man. Long loop mechanisms*, Karger, Basilea, 1978.
- Destrade, D., R. Jaffard, B. Cardo: "Post-trialhippocampal and lateral hypothalamic electrical stimulation: effects on long-term memory and on hippocampal cholinergic mechanisms". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and the ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlin, 1979, pp. 189-201.
- Devries, H.: "Effects of various warm-up procedures on 100 Yard times of competitive swimmers". *Research Quart.* 30 (1959), 11-20.

- Dick, F. W.: "Developing sprinting speed". *Athletics Coach*, Halesowen (1988), 4, 4-5. Versión alemana en: *Die Lehre der Leichtathletik* (1988), 28, 1053-1054.
- Dickhuth, H.-H., W. Aufenanger, P. Schmidt, G. Simon, M. Huonker, J. Keul: "Möglichkeiten und Grenzen der Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung im Mittel- und Langstreckenlauf". *Leistungssport* 19 (1989), 4, 21-24.
- Dickhuth, H.-H., G. Simon, N. Bachl, M. Lehmann, J. Keul: "Zur Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit von Bundesliga-Fußballern". *Leistungssport* 11 (1981), 2, 148-152.
- Dickhuth, H.-H., B. Wohlfahrt, D. Hildebrand, L. Rokitzki, M. Huonker, J. Keul: "Jahreszyklische Schwankungen der Ausdauerleistungsfähigkeit von hochtrainierten Mittelstreckenläufern". *Dt. Z. Sportmed.* 39 (1988), 346-353.
- Diekmann, W., M. Letzelter: "Stabilität und Wiederholbarkeit von Trainingszuwachs durch Schnellkrafttraining im Grundschulalter". *Sportwissenschaft* 17 (1987), 280-293.
- Dietrich, R.: "Spiroergometrische Untersuchungen bei sporttreibenden Kindern". *Medizin und Sport* 4 (1964), 187-189.
- Dierks, B., B. Heinz: "Einige methodische Aspekte zur Effektivierung des motorischen Lernprozesses im Sportspiel Handball". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 588-590.
- Diessner, G.: "Diskussionsbeitrag zur inhaltlichen und methodischen Gestaltung der Technikausbildung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 599-600.
- Dietrich, L. y cols.: "Die Trainierbarkeit von Jugendlichen im Alter von 14-19 Jahren". *Medizin und Sport* 14 (1974), 142-147.
- Dietrich, L., H. Brenke: "Ein Dynamograph zur isometrischen Kraftbestimmung der Plantarflexion". *Medizin und Sport* 13 (1973), 76-78.
- Dietrich, L., F. Berthold, H. Brenke: "Muskeldehnung - eine wichtige trainingsmethodische Maßnahme". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 34 (1985), 922-930.
- Dietz, V.: "Elektrophysiologie komplexer Bewegungsabläufe: Gang-, Lauf-, Balance- und Fallbewegungen". En: Berger, W., V. Dietz, A. Hufschmidt, R. Jung, K.-H. Mauritz, D. Schmidtbleicher. *Haltung und Bewegung beim Menschen*. Springer Verlag, Berlín 1984, pp. 87-118.
- Dietz, V.: "Neurophysiologische Grundlagen des Kräfteverhaltens". En: Bührle, M. (ed.). *Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings*. Hofmann, Schorndorf, 1985, pp. 16-34.
- Dimond, S. J., D. A. Blizard (eds.): *Evolution and lateralization of the brain*. Annals of the New York Academy of Sciences, tomo 299, Nueva York, 1977.
- Dintiman, G. B.: "Development of leg speed". *Modern Athlete Coach* 16 (1978), 2, 23-26.
- Ditter, H. y cols.: "Kardiopulmonale Reaktionen von 10jährigen untrainierten Jungen und Mädchen bei einem 3000-m-Lauf auf dem Laufband". *Dt. Z. Sportmed.* 29 (1978), 127-135.
- Djackov, V. M.: "Die Vervollkommnung der Technik der Sportler". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 22 (1973), Suplemento I.
- Djatschkow, W. M.: *Die Steuerung und Optimierung des Trainingsprozesses*. Bartels und Wernitz, Berlín - München - Francfort, 1974 y 1977.
- Dobritz, H. y cols.: "Verlaufskontrollen und Leistungsentwicklung beim Gesundheits- und Therapiesport". *Medizin und Sport* 19 (1979), 52-55.
- Dobrowolskij, D., E. Golowin: "Eine Methode zur Ausbildung der Explosivkraft". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 1409.
- Dobrzynski, B.: "Entwicklung körperlich-sportlicher Fähigkeiten bei Kindern und Jugendlichen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 456-458.
- Döbler, E., H. Döbler: *Kleine Spiele*. 10ª ed., Verlag Volk und Wissen, Berlín, 1976.
- Döbler, E., H. Döbler: *Kleine Spiele*. 16ª ed., Verlag Volk und Wissen, Berlín, 1987.
- Doil, W.: "Zu Fragen des Kinder- und Jugendsports". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 19 (1970), 1050-1059.
- Domagk, G. F., E. Schonne, G. Thines: "New experimental approaches to the inter-animal transfer of acquired information". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York - Londres, 1973, pp. 419-428.
- Donath, R., K. Schüler: *Ernährung der Sportler*. Sportverlag, Berlín, 1972.
- Donath, R., G. Rosel: "Untersuchungen zur Ausdauerentwicklung bei untrainierten Schülern". *Medizin und Sport* 14 (1974), 322-329.
- Donike, M., W. Hollmann, D. Stratmann: "Das Verhalten der individuellen freien Fettsäuren unter körperlicher Belastung". *Sportarzt u. Sportmed* 25 (1974), 274-278.
- Donskoi, D.: *Grundlagen der Biomechanik*. Sportverlag, Berlín, 1975.
- Dordel, H.-J.: "Die Muskeldelmung als Maßnahme der motorischen Leistungsverbesserung", 24 (1975), 40-45.
- Dostál, E.: "Analyse der Reaktionszeiten im Sprint bei den Europameisterschaften in Prag 1978". En: Augustin, D., N. Müller (eds.). *Leichtathletiktraining im Spannungsfeld von Wissenschaft und Praxis*. Schors Verlag, Niedernhausen/Ts., 1981.
- Dotan, R., A. Rotstein, Al Grodjinovsky: "Effect of training load on OBLA determination". *Int. J. Sports Med.* 10 (1989), 346-351.

- Dreisbach, W., R. Rost, D. Böning, W. Hollmann, H. Liesen, H. Philippi, H. Feldermann: "Untersuchungen zur Frage einer trainingsbedingten Verbesserung der Sauerstoffutilisation im Skelettmuskel des Menschen". *Dt. Z. Sportmed.* 29 (1979), 377-384.
- Drenkow, E.: "Untersuchung über den Einfluß des beid- und einseitigen Übens auf die Leistung im Werfen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 9 (1960), 826-829.
- Drenkow, E.: "Zum Problem der beidseitigen Ausbildung im Sport". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 9 (1960), 1084-1092 (1ª parte); 10 (1961), 41-48 (2ª parte); 10 (1961), 137-145 (3ª parte).
- Drews, A.: "Die aktive Bewegung in der Prävention der Koronarsklerose". *mda* II (1971), 321-323.
- DSB, BA-L, Technische Kommission: "Talentsuche - Talentförderung, Eine Bestandsaufnahme unter besonderer Berücksichtigung der Fördergruppen (Leistungsgruppen) und Internate". Deutscher Sportbund, Frankfurt, 1973.
- Dubbick, V.: "Anwendungsmöglichkeiten der Relaxation in der Sportmedizin". *Medizin und Sport* II (1971), 126-128.
- Duchateau, J.: *L'entraînement de la force spécifique en sport: fondements physiologiques et applications pratiques*. INSEP, Paris 1993.
- Dudley, G. A.: "Metabolic consequences of resistive-type exercise". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 20 (1988), 5 (suppl.), pp. 158-161.
- Dufaux, B. y cols.: "Über den Einfluß eines Ausdauertrainings auf die Serum-Lipoproteine unter besonderer Berücksichtigung der Alpha-Lipoproteine (HDL) bei jungen und älteren Personen". *Dt. Z. Sportmed.* 30 (1979), 123-128.
- Dworkin, L.: "Das Training 13- 16jähriger Gewichtheber". *Leistungssport* 6 (1976), 190-194.
- Eberspächer, H.: *Sportpsychologie*. Rowohlt, Reinbek 1982.
- Eberspächer, H.: "Mentales Fertigkeitstraining". *Sportpsychologie* 4 (1990), 3, 5-13.
- Eccles, J. C., P. Scheid: "Physiologie der Nervenzelle und ihrer Synapsen". En: ten Bruggencate, G. y cols. (eds.). *Allgemeine Neurophysiologie*. 3ª ed., Urban & Schwarzenberg, München - Viena - Baltimore, 1980.
- Eckardt, H.: "Belastbarkeit des kindlichen Organismus nach Infektionskrankheiten". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 609-611.
- Eckert, W.: "Der Sport in der zweiten Lebenshälfte unter besonderer Berücksichtigung des Ausdauertrainings und dessen Bedeutung in der Prävention und Rehabilitation der Herz-Kreislaufkrankheiten". *Dt. Z. Sportmed.* 29 (1978), II, IX-X; 12, 378-382, V-VI.
- Edström, L., B. Ekblom: "Differences in sizes of red and white muscle fibers in vastus lateralis of musculus quadriceps femoris of normal individuals and athletes". Relation to physical performance. *Scand. J. of Clin. Lab. Invest.* (1972), 175-181.
- Egger, J.-P.: *De l'entraînement de la force à la preparation spécifique en Sport*. INSEP, Paris, 1992.
- Egger, K.: *Lernübertragungen in der Sportpädagogik*. Birkhäuser Verlag, Basilea, 1975.
- Egger, K. y cols.: *Turnen und Sport in der Schule*. Tomo 1, Eidgenössische Turn- und Sportkommission, Berna 1978.
- Egstrom, G.: "The effects of an emphasis on conceptualizing techniques upon the early learning of a gross motor skill". Tesis doctoral, University of Los Angeles, Cal., 1961.
- Ehlenz, H., M. Grosser, E. Zimmermann: *Krafttraining*. BLV Verlagsgesellschaft, München - Viena - Zürich, 1983.
- Ehrenstein, W.: "Die Bedeutung des Schlafes für den Leistungssportler". *Sportarzt u. Sportmed* 23 (1972), 153-155.
- Ehrlich, D., P. Haber: "Influence of acupuncture on physical performance and haemodynamic parameters". *Int. J. Sports Med.* 13 (1990), 486-491.
- Eiben, O. G.: "Die körperliche Entwicklung des Kindes". En: Willimczik K., M. Grosser (eds.). *Die motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1979, pp. 187-219.
- Eigenmann, F.: "Kraftförderung im Jugendalter". *Union Schweizer Fußballtrainer* (1986), 11 (p. 405: 1986, 32) und *Sporterziehung in der Schule* (1987), 9/10, 20; 25-26.
- Ekblom, B., A. Goldberg, R. Gullbring: "Response to exercise after blood loss and reinfusion". *J. of Appl. Physiol.* 33 (1972), 175 f.
- Endert, T.: "Sportspiele für die planmäßige Alldauerschulung nutzen". *Körpererziehung* 29 (1979), 160-162.
- Eriksson, B.: "Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year old boys". *Acta Phys. Scand.* (1972), Suppl. 384.
- Eriksson, B., P. Gollnick, B. Saltin: "Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old". *Acta Phys. Scand.* (1973), 485 ss.
- Eriksson, B., J. Karlsson, B. Saltin: "Muscle metabolites during exercise in pubertal boys". *Acta Päd. Scand.* (1971), Suppl. 217, 154-157.
- Eriksson, E.: "Rehabilitation of muscle function after sport injury - Major problem in sports medicine. *Int. J. Sports Medicine* 2 (1981), 1-6.
- Eriksson, E., T. Häggmark, K.-H. Kiessling, J. Karlsson: "Effect of electrical stimulation on human skeletal muscle". *Int. J. Sports Medicine* 2 (1981), 18-22.
- Erkenbrecher, U.: "Für Jugendspieler ist immer Vorbereitungszeit!" *Fußballtraining* 8 (1990), 7, 51-61.

- Etnyre, B. R., L. D. Abraham: "H-reflexes changes during static stretching and two variations of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques". *Electroencephal. and clin. Neurophysiol.* 63 (1986), 174-179.
- Etnyre, B. R., E. J. Lee: "Chronic and acute flexibility of men and women using three different stretching techniques". *Res. Quart. for Exerc. and Sport* 59 (1988), 222-228.
- Ettliger, G.: "The transfer of information between sense modalities: a neuropsychological review". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York - Londres, 1973, pp. 43 ss.
- Evarts, E. V.: "Die Steuerung von Bewegungen durch das Gehirn". En: *Gehirn und Nervensystem*. Spektrum der Wissenschaft-Verl.-Ges., Heidelberg, 1987, 8ª ed., pp. 152-158.
- Evatt, M. L., S. L. Wolf, R. L. Segal: "Modification of human spinal stretch reflexes: preliminary studies". *Neuroscience Letters* 105 (1989), 350-355.
- Ewert, P. H.: "Bilateral transfer in mirror-drawing". *The Pedagogical Seminary y J. of Genetic Psychol.* 33 (1926), 234-249.
- Fahnemann, A., E. Wacholder: "Aktuelle Betrachtungen zum schwimmspezifischen isokinetischen Training". *Der Deutsche Schwimmsport* 25 (1975), 46, suplemento: Für die Mappe des Technikers, 19-22.
- Faina, M., C. Gallozzi, S. Lupo, R. Sasse, C. Martini: "Definition of the physiological profile of the soccer player". En: Reilly, T., A. Lees, K. Davids, W. J. Murphy (eds.). *Science and football*, Spon, Londres - Nueva York 1988, pp. 158-163.
- Falek, A.: "Handedness: a family study". *Amer. J. of Human Genetics* II (1959), 52-62.
- Farfel, W. S.: *Bewegungssteuerung im Sport*. Sportverlag, Berlín, 1977.
- Farfel, W.: "Sensomotorische und physische Fähigkeiten". *Leistungssport* 9 (1979), 31-34.
- Farrell, P. A., J. H. Wilmore, E. F. Coyle, J. E. Billing, D. L. Costill: "Plasma lactate accumulation and distance running performance". *Med. and Sci. in Sports* II (1979), 338-344.
- Fass, V., J. Freiwald, A. Jäger: "Kraft und Beweglichkeit (1. Teil)". *Fußballtraining* 12 (1994), 2, 20-24.
- Fechner, G. T.: "Beobachtungen, welche zu beweisen scheinen; dass durch die Uebung der Glieder der einen Seite die der anderen zugleich mit geübt werden". Bericht über die Verhandlungen der königlich sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Math.-Phys, Classe 10 (1858), 70-76.
- Feige, K.: "Entwicklung und Problematik des Höchstleistungsalters von Spitzenläufern". *Leistungssport* 6 (1976), 62-75.
- Feige, K.: *Leistungsentwicklung und Höchstleistungsalter von Spitzenläufern*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1978.
- Feige, K.: "Leistungsentwicklung und Höchstleistungsalter als empirische Basis für die Optimierung der Talentförderung". *Die Lehre der Leichtathletik* (1981), 103; 106; 135-139.
- Feinstein, B., B. Lindegard, E. Nyman: "Morphologie studies of motor units in normal human muscle". *Acta Anat.* 23 (1955), 127-142.
- Fellingham, G.: "Caloric cost of walking and running". *Med. and Sci. in Sports* 10 (1978), 132-136.
- Feth, W.: "Materialien zum Höhenttraining". *Leistungssport* 9 (1979), 399-410.
- Fetz, E.: "Die Gelenkigkeit", en: Neumann, O. (ed.), *Die sportliche Leistung im Jugendalter*. Limpert Verlag, Francfort del Meno, 1967, pp. 63-67.
- Fetz, E.: *Grundbegriffe der Bewegungslehre der Leibesübungen*. Limpert Verlag, Francfort 1969.
- Fetz, E.: *Allgemeine Methodik der Leibesübungen*. 9ª ed., Österreichischer Bundesverlag, Viena, 1988.
- Fetz, E.: *Bewegungslehre der Leibesübungen*. 3ª ed., Österreichischer Bundesverlag, Viena 1989.
- Fetz, F., E. Kornexl: *Anleitungen zu sportmotorischen Tests für Schulen und Vereine*. 3ª ed., Bundesanstalt für Leibesziehung, Innsbruck, 1973.
- Fetz, F., E. Kornexl: *Sportmotorische Tests*. 2ª ed., Bartels & Wernitz, Berlín, 1978.
- Feustel, R.: "Möglichkeiten des Einsatzes digitaler Meßsysteme in den Sportspielen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), 32-36.
- Filippowitsch, V. I., I. N. Turewskij: "Über die Prinzipien der sportlichen Orientierung von Kindern und Jugendlichen im Zusammenhang mit der altersspezifischen Veränderung in der Struktur der Bewegungsfähigkeiten". *Leistungssport* 7 (1977), 305-308.
- Findeisen, D. G. R., P. Linke, L. Pickenhain (eds.): *Grundlagen der Sportmedizin*., Barth, Leipzig, 1976.
- Findeisen, D. G. R., P. Linke, L. Pickenhain (eds.): *Grundlagen der Sportmedizin*. 2ª ed., Barth, Leipzig, 1980.
- Fischbach, G. D., N. Robbins: "Changes in contractile properties of disused soleus muscles". *J. of Physiol.* (1969), 305-320.
- Fischer, G.: "Methodische Lösungen zur Ausbildung der Schnelligkeit als elementare Leistungsvoraussetzung für Sprintleistungen im Grundlagentraining der Leichtathletik". Tesis doctoral, Leipzig, 1989.
- Fischer, G.: "Konzeptionelle Überlegungen zur Entwicklung von Schnelligkeit und Sprintleistung im Leichtathletik-Nachwuchstraining". *Die Lehre der Leichtathletik* (1990), 32, 19-22; 33, 19-21.
- Fischer, H., M. Kohlenhof: "Untersuchung der Körperdominanz". *Praxis der Kinderpsychologie u. Kinderpsychiatrie* 13 (1964), 173-177.

- Fischer, H. G. y cols.: "The excretion of 17-ketosteroids and 17-hydroxycorticosteroids in night urine of elite rowers during altitude training". *Int. J. Sports Med.* 13 (1992), 15-20.
- Fischer, K.: "Das Phänomen der Lateralität in der Sportpraxis – Der Einfluß von unilateralem und bilateralem Training auf die manuellen Leistungsverhältnisse Erwachsener beim Pfeilwerfen". *Motorik* 2 (1979), 64–70.
- Fischer, K.: "Transfer, bilateraler". En: Röthig, P. (red.). *Sportwissenschaftliches Lexikon*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1983, 5ª ed., p. 429.
- Fischer, K.: *Rechts-Links-Probleme in Sport und Training: Studien zur angewandten Lateralitätsforschung*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1988.
- Fisher, R. J., J. Borms: *The search for sporting excellence*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1990.
- Fjerdingstad, E. J.: "Chemical transfer of learned information in mammals and fish". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York – Londres, 1973, pp. 429-449.
- Flammer, A.: *Transfer und Korrelation*. Beitz, Weinheim, 1970.
- Flavell, J. H.: *Kognitive Entwicklung*. Klett Verlag, Stuttgart 1979.
- Fleck S. J.: "Cardiovascular adaptations to resistance training". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 20 (1988), Suplemento, pp. 146–151.
- Fleishman, E. A., C. J. Bartlett: "Human abilities". *Ann. Rev. Psychol.* 20 (1969), 349-380.
- Fleishman, E. A., W. E. Hempel: "Factorial analysis of complex psychomotor performance". *J. Exp. Psychol.* 40 (1956), 2.
- Flöthner, R., W. Hort: "Sportmedizin im Mannschaftssport". Perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft mbH, Erlangen, 1983.
- Föhrenbach, R. y cols.: "Schnelligkeit und Ausdauer bei Fußballspielern unterschiedlicher Spielklassen". *Schw. Z. Sportmed.* 4 (1986), 113-119.
- Föhrenbach, R., A. Moder, W. Thiele, W. Hollmann: "Testverfahren und metabolisch orientierte Intensitätssteuerung im Sprinttraining mit submaximaler Belastungsstruktur". *Leistungssport* 5 (1986), 15-24.
- Föhrenbach, R., U. Frick, M. Göbel, P. Nagel, R. Stutz, D. Schmidtbleicher, D. Böhmer: "Dauerlauf- versus Intervalltraining bei Fußballspielern". *Dt. Z. Sportmed.* 4 (1991) 136-146.
- Förster, A.: "Psychoregulation und Mentales Training im Leistungssport - Entwicklung und Evaluierung eines psychologischen Trainingsprogramms". Tesis doctoral, Karlsruhe 1990.
- Fomin, L., W. Flin: *Altersspezifische Grundlagen der körperlichen Erziehung*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1975.
- Foppa, K.: *Lernen, Gedächtnis, Verhalten. Ergebnisse und Probleme der Lernpsychologie*. 9ª ed., Kiepenheuer & Witsch, Colonia – Berlin 1975.
- Foppa, K., R. Groner (eds.): *Kognitive Strukturen und ihre Entwicklung*. Huber Verlag, Berna 1981.
- Fox, E. y cols.: "Intensity and distance of interval training programs and champs in aerobic power". *Med. and Sci. in Sports* 4 (1972), 18-22.
- Frank, R. G.: *Leistungssteigerung durch Hypnose und Autogenes Training im Sport*. Uni-Druck, München, 1975.
- Frankeny, J. R., R. G. Holly, C. R. Ashmore: "Effects of graded duration of stretch on normal and dystrophic skeletal muscle". *Muscle and Nerve* 6 (1983), 269-277.
- Franz, I.: "Welchen Sport dürfen und sollen Hypertoniker betreiben". *Medical Tribune* 14 (1979), 36, 27 f.
- Freitag, W., M. Steinbach, R. Tholl: "Zum Problem der Reaktionszeit". *Praxis der Leibesübungen* 10 (1969), 164-165.
- Freiwald, J.: "Effektives Schnelligkeitstraining". *Fußballtraining* 5 (1987), 9, 30-31.
- Frester, R.: "Aktivtherapie im Sport". En: Kunath, P. (ed.). *Beiträge zur Sportpsychologie*. Sportverlag, Berlin 1972, 1, pp. 194-228.
- Frester, R.: "Ideomotorisches Training im Sport - ein Beitrag zur Trainingsintensivierung und Erhöhung der Wettkampfstabilität bei Sportlern der technischen und Schnellkraftsportarten". En: Kunath, P. (ed.). *Beiträge zur Sportpsychologie*. Sportverlag, Berlin, 1974, 2, pp. 203-218.
- Frester, R.: "Psychoregulatives Training". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 214-216.
- Frester, R.: "Ideomotorisches Training". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 304-306.
- Frester, R.: "Zur lernstandsabhängigen Bedeutung der Eigen- und Fremdinformation". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 669-672.
- Frester, R.: "Ideomotorisches Training (IT) im Sport". *Medizin und Sport* 24 (1984), 121-124.
- Frey, G.: "Zur Terminologie und Struktur physischer Leistungsfaktoren und motorischer Fähigkeiten". *Leistungssport* 7 (1977), 339–362.
- Frey, G.: "Entwicklungsgemäßes Training in der Schule". *Sportwissenschaft* 8 (1978), 172–204.
- Friedebold, G., W. Nüssgen, H. Stoboy: "Die Veränderungen der elektrischen Aktivität der Skelettmuskulatur unter den Bedingungen eines isometrischen Trainings". *Z. Ges. Exp. Med.* 129 (1957/58), 401.
- Friedl, E.: "Autogenes Training". *Leibesübungen - Leibeserziehung* 29 (1975), 12-15.
- Frisch, H.: *Programmierte Untersuchung des Bewegungsapparates*. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – Nueva York, 1983.

- Fritzsche, G.: "Zur Methodik des Krafttrainings mit der Scheibenhantel". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 12 (1974), 619-626.
- Fröhner, G., T. Neumann, E. Keller: "Entwicklungsbiologische Fragen der Beanspruchbarkeit der Wirbelsäule". *Medizin und Sport* 30 (1990), 41-43.
- Frolov, A. P., V. A. Frolov, V. D. Devjatkin, V. P. Novikov: "Erholungsintervalle bei Mittelstreckenläufern unter Höhenbedingungen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), 1109-1112.
- Frolov, V., G. Jurko, P. Kabackova: "Experimentelle Untersuchungen zum Entwicklungsstand der Laufausdauer im Vorschulalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 771-772.
- Frost, F. T.: "Tool behavior and the origins of laterality". *J. of Human Evolution* 9 (1980), 447-459.
- Fuchs, V., M. Reiss: *Höhentraining*. Philippka Verlag, Münster, 1990.
- Fuhrer, U.: "Mentales Training als psychologische Leistungsmethode". *Die Lehre der Leichtathletik* (1975), 1313-1315.
- Fuhrer, U.: "Kognitive Prozesse beim sportmotorischen Lernen durch Beobachtung". *Sportwissenschaft* 14 (1984), 175-186.
- Fakunage, T.: "Die absolute Muskelkraft und das Muskelkrafttraining". *Sportarzt u. Sportmed.* 27 (1976), 255-265.
- Gabler, H. y cols. (eds.): *Praxis der Psychologie im Leistungssport*. Bartels & Wernitz, Berlin, 1979.
- Gabriel, S.: "Das Training der koordinativen Fähigkeiten im F- bis D-Jugendalter". *Fußballtraining* 9 (1991), 1, 11-16 (Teil I); 2, 27-31 (Teil 2); II, 27-34 (Teil 3).
- Gärtner, H.: "Grunderkenntnisse zur körperlichen und sportlichen Ausbildung und Erziehung der Schüler im frühen Schulalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 16 (1967), suplemento: Probleme der Körpererziehung in der Unterstufe.
- Gärtner, H., W. Crasselt: "Zur Dynamik der körperlichen und sportlichen Leistungsentwicklung im frühen Schulalter". *Medizin und Sport* 16 (1976), 117-125.
- Gaisl, G.: "Theoretische Grundlagen der Talentsuche unter besonderer Berücksichtigung von sportanthropometrischen und sportphysiologischen Gesichtspunkten". *Leistungssport* 7 (1977), 158-167.
- Gaisl, G.: "Der aerob-anaerobe Übergang und seine Bedeutung für die Trainingspraxis". *Leistungssport* 9 (1979), 235-243.
- Gaisl, G., J. Buchberger: "Der aerob-anaerobe Übergang bei 10-11jährigen Sportschülern". *Leistungssport* 9 (1979), 202-205.
- Gaisl, G., G. Wiesspeiner, C. Neuhold, P. Hofmann: "Zur praktischen Durchführung des CONCONI-Tests im Feld bei Kinder". *Leistungssport* 6 (1987), 47.
- Gaito, J., A. Zavala: Neurochemistry and learning. *Psychol. Bull.* 61 (1964), 45-62.
- Gallwey, W. T., B. Kriegel: *Besser Ski fahren durch Inner-Training. Die neue Methode, sich selbst in Hochform zu bringen*. Mosaik Verlag, München, 1978.
- Galperin, P. J. y cols.: *Probleme der Lerntheorie*. 4ª ed., Volk und Wissen Verlag, Berlin, 1974.
- Gandelsmann, A., M. Nabatnikova: Die spezielle Ausdauer des Sportlers vom Gesichtspunkt des Leistungssports. *Theorie und Praxis der Körperkultur* 21 (1972), 30-35.
- Ganong, W. F.: *Medizinische Physiologie*. 2ª ed., Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - Nueva York, 1972.
- Gapon, G. I., G. K. Gomberadze: "Effektive Mittel und Methoden zur Entwicklung physischer Eigenschaften von Kindern". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 22 (1973), 232-235.
- Gay, R., A. Raphaelson: "Transfer of learning by injection of brain RNA: A replication". *Psychosomatic Science* 8 (1967), 369-370.
- Gazzaniga, M. S., LeDoux, J. E.: *Neuropsychologische Integration kognitiver Prozesse*. Enke, Stuttgart 1983.
- Gebauer, G.: "Wissen, Körper, Handeln". En: Lenk, H. (ed.). *Handlungstheorien - interdisziplinär*. Fink Verlag, München, 1981, tomos 3, 1, pp., 477-496.
- Gebert, G.: "Probleme des Wasser-, Temperatur- und Elektrolythaushaltes beim Sportler". *Dt. Z. Sportmed.* 29 (1978); 159-165.
- Geese, R.: "Konditionsdiagnose im Fußball". *Leistungssport* 20 (1990), 4, 23-28.
- Geissler, W., A. Gutschker, K. Schalter: "Die Rehabilitation Herzinfarktkranker in der DDR - Zielstellung, Ergebnisse und Probleme". *Medizin und Sport* 19 (1979), 143-146.
- Genova, E.: "Veränderung einiger psychischer Funktionen bei Leichtathleten während der Wiederherstellung nach Trainingsbelastungen unter dem Einfluß autogener Mittel". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 20 (1971), 233-236.
- George, F. H.: "Errors of visual recognition". *J. Exp. Psychol.* 43 (1952), 202 s.
- Gerhardus, H.: "Zur Frage der Lerneffektivität verschiedener Unterrichtsformen im Sportspiel Basketball". *Sportunterricht* 28 (1979), 45-51.
- Gerisch, G., W. Beyer: "Jugendfußball - Trendwende und Perspektiven". *Fußballtraining* 8 (1990), 12, 20-25.
- Gerisch, G., R. Strauss: "Schnelligkeitstraining im Fußballsport". *Leistungsfußball in allen Spielklassen*. Volumen mixto 4 (1977), 51-59; 61-69.
- Gerisch, G., H-J. Tritschoks: "Cooper-Test und Sprintausdauer-Tests mit und ohne Ball". *Leistungssport* 5 (1985), 42-48.

- Gerisch, G., E. Rutenmüller, K. Weber: "Sports medical measurements of performance in soccer". En: Reilly, T., A. Lees, K. Davids, W. J. Murphy (eds.). *Science and football*. Spon, Londres – Nueva York, 1988, pp. 60-67.
- Gerken, M., P. Döring, H. Fanslau: *Entwicklung koordinativer Fertigkeiten*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1975.
- Geschwind, N.: "On the other hand". *The Sciences* 20 (1980), 9, 22-24.
- Gesell, A., L. B. Ames: "The development of handedness". *J. of Genetic Psychol.* 70 (1947), 155-175.
- Giddings, C. J., W. B. Neaves, W. J. Gonyea: "Muscle fiber necrosis and regeneration induced by prolonged weightlifting exercise in the cat". *Anat. Rec.* 211 (1985), 133-141.
- Gimbel, B.: "Möglichkeiten und Probleme der Talentsuche im Sport". *Leistungssport* 6 (1976), 159-165.
- Giesen, L.: "Hypnose und Training". *Die Lehre der Leichtathletik* (1971), 632.
- Giesen, L.: "Psychologie und Psychohygiene im Sport". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 22 (1973), Suplemento 2, 47-78.
- Glassman, E., B. Machlus, J. E. Wilson: "Phosphorylation of non-histone acid extractable nuclear proteins (NAEP) from brain". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York – Londres, 1973, pp. 521-529.
- Gleeson, G. (ed.): *The growing child in competitive sport*. Hodder & Stoughton, Londres, 1986.
- Glenmark, B., G. Hedberg, E. Jansson: "Running capacity from adolescence to adulthood". *Int. J. Sports Med.* 14 (1993), 118-123.
- Glutz, H., R. Bechler: "Untersuchung der Muskelaktivität im Eishockey-Konsequenzen für das Training". *Maggingen* 49 (1992), 2, 17.
- Göhner, U.: *Bewegungsanalyse im Sport*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1979.
- Göhner, U.: "Abriß einer Bewegungslehre des Sports". *Sportwissenschaft* 10 (1980), 223-239.
- Göhner, U.: "Trendbericht Bewegungslehre". *Sportunterricht* 31 (1982), 85-92.
- Goldberg, A. y cols.: "Mechanism of work induced hypertrophy of skeletal muscle". *Med. and Sci. in Sports* 7 (1975), 185-197.
- Golden, C., G. A. Dudley: "Strength after bouts of eccentric or concentric actions". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 24 (1992), 926-933.
- Goldmann, W.: "Auch Werfer müssen schnell laufen können". *Leichtathletiktraining* 3 (1993), 5/6, 37-40.
- Goldspink, G.: "Malleability of the motor System: a comparative approach". *J. exp. Biol.* 115 (1985), 375-391.
- Goldstein, L., J. M. Nelson: "Some views on the neurophysiological and neuropharmacological mechanisms of storage and retrieval of information". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York – Londres 1973, pp. 155 ss.
- Goldstein, M. y cols.: "Action of muscular work on transfer of sugars across cell barriers: Comparison with action of insulin". *Amer. J. of Physiol.* 173 (1953), 212.
- Gollhofer, A.: *Komponenten der Schnellkraftleistungen im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus*. SFT-Verlag, Erlensee, 1987.
- Gollhofer, A., P. V. Komi, T. Hyvärinen: "Auswirkungen eines Marathonlaufes auf die Leistungscharakteristik und das Innervationsverhalten der Beinstreckmuskulatur". *Dt. Z. Sportmed.* 40 (1989), 348-354.
- Gollnick, P. D., D. King: "Energy release in the muscle cell". *Med. and Sci. in Sports* 1 (1969), 23-31.
- Gollnick, P. D., K. Piehl, C. W. Saubert IV, R. B. Armstrong, B. Saltin: "Diet, exercise, and glycogen changes in human muscle fibers". *J. of appl. Physiol.* 33 (1972), 421 – 426.
- Gollnick, P. D. y cols.: "Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men". *J. of appl. Physiol.* (1972), 312-319.
- Gollnick, P. D. y cols.: Glycogen depletion pattern in human skeletal muscle fibers after heavy exercise. *J. of appl. Physiol.* (1973), 615-618.
- Gollnick, P. D., J. Karlsson, K. Piehl, B. Saltin: "Phosphorylase alpha in human skeletal muscle during exercise and electrical stimulation". *J. of Appl. Physiol.* 45 (1978), 852-857.
- Gollnick, P. D., B. Saltin: "Significance of skeletal oxidative enzyme enhancement with endurance training". *Clin. Physiol.* 2 (1982), 1-12.
- Gollnick P. D., W. M. Bayly, D. R. Hodgson: "Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 18 (1986), 334-340.
- Gonyea, W. J.: "Role of exercise in inducing increases in skeletal muscle fiber number". *J. of appl. Physiol.* 48 (1980), 421-426.
- Goodenough, F. L., C. R. Brian: "Certain factors underlying the acquisition of motor skills by pre-school youngsters". *J. Exp. Psychol.* 12 (1929), 127 ss.
- Goodman, J., M. Radomski, L. Hart, M. Plyley, R. J. Shephard: "Maximal aerobic exercise following prolonged sleep deprivation". *Int. J. Sports Med.* 10 (1989), 419-423.
- Gool, D. van, D. van Gerven, J. Boutmans: "Heart rate telemetry during a soccer game: a new methodology". *J. Sports Sci.* 1 (1983), 154.
- Gorski, J., L. B. Oscai, W. K. Palmer: "Hepatic lipid metabolism in exercise and training". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 22 (1990), 213-221.

- Gottschalk, K.: "Zum Problem der Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit im Massensport". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 37 (1988), 408-415.
- Gottschalk K.: "Betrachtungen zum Problem der Unterstützung zur Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit nach volkssportlichen Belastungen". *Medizin und Sport* 29 (1989), 65-70.
- Gottschalk, K., S. Israel, A. Berbalk: "Neue Aspekte der Kardiodynamik und der Adaptation des Herz-Kreislauf-Systems". *Medizin und Sport* 22 (1982), 56-59.
- Gottschalk, K., R. Winter: "Zu einigen sportmedizinischen Aspekten der Beschleunigung von Wiederherstellungsprozessen im sportlichen Training". *Medizin und Sport* 24 (1984), 168-173.
- Goubet, P.: "Évaluation directe en cours de match, des courses et des contraintes énergétiques du footballeur". Mémoire pour le diplôme brevet d'état d'éducateur sportif. Directeur de mémoire G. Cazorla, Burdeos 1989.
- Grabiner, M. D., D. L. Hawthorne: "Conditions of isokinetic knee flexion that enhance isokinetic knee extension". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 22 (1990), 235-240.
- Grace, T. G.: "Muscle imbalance and extremity injury: a perplexing relationship". *Sports Med.* 2 (1985), 77-82.
- Gräsel, E.-M., J. Ullmann: "Vorschulkinder turnen mit Behelfsgeräten-Bohnenäckchen". *Sportpraxis in Schule und Verein* 22 (1981), 133-135.
- Graff, K.-H., G. Prager: "Der 'Kreuzschmerz' des Leistungssportlers". *Leistungssport* 16 (1986), 14-22.
- Grajewskajo, N. D., L. A. Ioffe: "Einige theoretische und praktische Aspekte des Problems der Wiederherstellung im Sport". *Leistungssport* 3 (1973), 438-442.
- Graves, J. E., M. L. Pollock, S. H. Leggett, R. W. Braith, D. M. Carpenter, L. E. Bishop: "Effect of reduced training frequency on muscular strength". *Int. J. Sports Med.* 9 (1988), 316-319.
- Green, D.: "Auswirkungen des Aufwärmens auf die Leistung am Beispiel des Schwimmens". *Leistungssport* 2 (1972), 410-415.
- Green, H. J.: "Glycogen depletion patterns during continuous and intermittent ice skating". *Med. and Sci. in Sports* 10 (1978), 183-187.
- Gregg, R. A., A. F. Masteltone, J. W. Gersten: "Cross exercise - a review of the literature and study utilizing electromyographic techniques". *Amer. J. of Physical Med.* 36 (1957), 269-280.
- Greiner, M., E. Jäger, W. Wegner: "Ergebnisse über 10 Jahre Gesundheitssport in Magdeburg". *Medizin und Sport* 19 (1979), 49-52.
- Greiter, F., R. Maderthaler, H. Bauer, N. Bachl, L. Prokop, G. Guttman: "Die Wirkung künstlichen und natürlichen Sonnenlichts auf einige psychosomatische Parameter des menschlichen Organismus". *Medizin und Sport* 20 (1980), 333-337.
- Grimby, G. y cols.: "Metabolic effects of isometric training". *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 31 (1973), 301-305.
- Grimm, R. J., L. M. Nasher: "Long loop dyscontrol". En: Desmedt, J. E. (ed.). *Spinal and supraspinal mechanisms of voluntary motor control and locomotion*. Karger, Basilea. 1980.
- Größing, S.: *Eine Einführung in die Sportdidaktik*. Limpert Verlag, Frankfurt, 1975.
- Groh, H.: "Über Muskelverletzungen". *Sportarzt u. Sportmed.* 18 (1967), 422-430.
- Groh, H.: "Wirbelsäule und Leistungssport". En: *Leistungsaufbau aus sportpädagogischer und sportmedizinischer Sicht*. Perimed, Erlangen 1971, pp. 108-124.
- Groh, H.: "Trainierbarkeit des Muskels". *Leistungssport* 2 (1972), 113-117.
- Gropler, H., G. Thieß: "Der Einfluß von physischen Fähigkeiten, von Körperhöhe und Körpergewicht auf den Ausprägungsgrad der körperlichen Leistungsfähigkeit der Schüler". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 22 (1973), 499-517.
- Gropler, H., G. Thieß: "Zu Beziehungen zwischen der Ausdauer und anderen physischen Fähigkeiten". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), Suplemento 1, 68-73.
- Gropler, H., G. Thieß: "Grundpositionen der sportlichen Technik im Anfängertraining". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 37-39.
- Gropler, H., G. Thieß: "Inhalt und Methodik der Ausbildung sportlicher Techniken im Sportunterricht und Anfängertraining". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 586-588.
- Groschenkow, S. S., S. I. Ljassotowitsch: "Zur Prognose aussichtsreicher Sportler aufgrund morphologisch-funktioneller Daten". *Leistungssport* 4 (1974), 125-129.
- Gross, R., D. Jahn (eds.): *Lehrbuch der inneren Medizin*, Schattauer Verlag, Stuttgart, 1966. Existe traducción castellana: *Manual de medicina interna*. Ed. Reverté, 1999.
- Grosser, M.: "Gelenksbeweglichkeit und Aufwärmeeffekt". *Leistungssport* 7 (1977), 38-43.
- Grosser, M.: "Ansätze zu einer Bewegungslehre des Sports". *Sportwissenschaft* 8 (1978), 370-392.
- Grosser, M.: *Schnelligkeitstraining. Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Programme*. BLV Verlagsges., München, 1991.
- Grosser, M., S. Starischka, E. Zimmermann: *Konditionstraining*, BLV Verlagsges., München - Viena - Zürich, 1981. Existe traducción castellana: *Desarrollo muscular*. Hispano Europea, 1992.
- Grosser, M., H. Ehlenz, E. Zimmermann: *Richtig Muskeltraining*, BLV Verlagsges., München - Viena - Zürich, 1984.

- Grosser, M., S. Starischka: *Konditionstests*. 2ª ed. BLV Verlagsges., Múnich - Viena - Zürich, 1986. Existe traducción castellana: *Tests de la condición física*. Martínez Roca, 1988.
- Grosser, M., P. Brüggemann, F. Zintl: *Leistungssteuerung in Training und Wettkampf*. BLV Verlagsgesellschaft, Múnich - Viena - Zürich, 1986.
- Grosser, M., A. Neumaier: *Kontrollverfahren zur Leistungsoptimierung*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1988.
- Grützner, P., J. Weineck: "Desmodromisches Krafttraining. Vergleichende Untersuchungen zum konzentrischen und desmodromischen Krafttraining. Kraftmessungen der Beinstreckmuskulatur am 'Schnelltrainer'". Trabajo para la test de acceso a la enseñanza de educación física en Bachillerato. Erlangen, 1988.
- Grupe, O.: "Was ist und was bedeutet Bewegung?". En: Hahn, E., W. Preising (eds.). *Die menschliche Bewegung*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1976, pp. 3-19.
- Grupe, O., D. Kurz: "Bewegungserziehung, Spiel und Sport". En: Spiel, W. (ed.). *Die Psychologie des 20. Jahrhunderts, tomo II: Konsequenzen für die Pädagogik (1)*. Kindler Verlag, Zürich, 1980, pp. 888-895.
- Gu, H.-M.: "Mentales Training und Leistungsverhalten unter Stress: eine experimentelle Untersuchung zur psychoregulatorischen Funktion des mentalen Trainings". Tesis doctoral, Colonia, 1988.
- Gürtler, H. y cols.: "Ergebnisse einer betonten Laufausdauer-schulung bei Kindern im frühen Schulalter (1. Mitteilung)". *Medizin und Sport* 12 (1972), 297-301.
- Gürtler, H. y cols.: "Die Entwicklung des Ausdauervermögens im frühen Schulalter". *Medizin und Sport* 14 (1974), 137-141.
- Gürtler, H., H. Gärtner: "Die körperliche Entwicklung und sportliche Leistungsfähigkeit im Kindesalter". *Medizin und Sport* 16 (1976), 106-117.
- Gürtler, H., H. Köhler, U. Pahlke, H. Peters: "Erkenntnisse zur Ausdauerleistungsfähigkeit beim Schulkind und Ableitungen für die Gestaltung der Belastung im Schulkindalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), Suplemento 1, 16-19.
- Gürtler, H., H. Buhl, S. Israel: "Neuere Aspekte der Trainierbarkeit des anaeroben Stoffwechsels bei Kindern im jüngeren Schulalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), Suplemento 1, 69-70.
- Guissard, N., J. Duchateau, K. Hainaut: Muscle stretching and motoneuron excitability. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58 (1988), 47-52.
- Gundlach, H.: "Testverfahren zur Prüfung der Sprintschnelligkeit". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 18 (1969), 224-229.
- Gundlach, O.: "Zu Charakterisierung und Trainierbarkeit von Zeitprogrammen als Erscheinungsform der Schnelligkeit - am Beispiel des Nieder-Hoch-Sprunges - im Grundlagentraining des Leistungsgerätturnens". Tesis doctoral, DHfK, Leipzig, 1987.
- Gutberlett, I.: "Die Leistungsfähigkeit des kardiopulmonalen Systems von Kindern in Abhängigkeit vom biologischen Entwicklungsstand". *Medizin und Sport* 16 (1976), 138-142.
- Gutin, B.: "Motorische Fertigkeiten und körperliche Ermüdung: Theorien, Forschungsergebnisse und ihre Bedeutung für den Leistungssport". *Leistungssport* 3 (1973), 411-417.
- Guttmann, H. N., G. Matwyshyn, M. Weiler: "Studies with dark avoidance and scotophobia". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York - Londres, 1973, pp. 391-317.
- Haag, H., B. G. Strauß, S. Heinze (eds.): *Theorie- und Themenfelder der Sportwissenschaft*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1989.
- Haase, J.: "Haltung und Bewegung und ihre spinale Koordination". En: Haase, J. y cols. *Sensomotorik*. Urban & Schwarzenberg, Múnich - Berlin - Viena, 1976, pp. 99-192.
- Haase, J. y cols.: *Sensomotorik*. Urban & Schwarzenberg, Múnich - Berlin - Viena, 1976.
- Haase, J. (ed.): *Neurophysiologie*. Urban & Schwarzenberg, Múnich - Berlin - Viena, 1979.
- Haber, P., J. Pont: "Objektivierung der speziellen Ausdauer für zyklische Sportarten im Kurzzeitausdauerbereich mittels Mikroblutgas-Analyse". *Sportarzt u. Sportmed.* 28 (1977), 357-362.
- Hacker, W.: *Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie*. 2ª ed., Huber Verlag, Berna, 1978.
- Hacker, W., H. Raum (eds.): *Optimierung von kognitiven Arbeitsanforderungen*. Huber Verlag, Berna, 1980.
- Häggmark, T., E. Jansson, E. Eriksson: "Fiber type area and metabolic potential of the thigh muscle in man after knee surgery and immobilization". *Int. J. Sports Med.* 2 (1981), 12-17.
- Häggmark, T., E. Jansson, E. Eriksson: "Time course of muscle metabolic changes during tourniquet ischemia in man". *Int. J. Sports Med.* 2 (1981), 50-53.
- Häkkinen, K., P. V. Komi: "Elektromyographic changes during strength training and detraining". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 15 (1983), 455-460.
- Häkkinen, K., M. Alèn, P. V. Komi: "Changes in isometric force and relaxation-time, electromyographic and muscle fiber characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining". *Acta Phys. Scand.* 125 (1985), 573-585.
- Häkkinen, K., P. V. Komi: "Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises". *Scand. J. Sports Sci.* 7 (1985), 65-76.

- Häkkinen, K., P. V. Komi, M. Alèn: "Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fiber characteristics of leg extensor muscles". *Acta Phys. Scand.* 125 (1985), 587-600.
- Häuser, W.: "Psychische Bewältigung extremer Ausdauerbelastungen". *TW Sport + Med.* 4 (1992), 351-358.
- Hagedorn, G.: "Psychologie im sportlichen Training". En: Thomas, A. (ed.). *Sportpsychologie. Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen*. Urban & Schwarzenberg, München – Berlin – Viena, 1982, pp. 183-200.
- Hagedorn, G.: "Vielseitigkeit in Training und Wettkampf". *Leistungssport* 22 (1992), 6, 50-54.
- Hagedorn, G., D. Niedlich, G. J. Schmidt (eds.): *Basketball-Handbuch*. Rowohlt Verlag, Reinbek, 1985.
- Hagemann, G., H. Weidemann, H. Reindell: "Die Bedeutung der aeroben Kapazität, lokaler Muskelausdauer und isometrischer Kraft der Beinmuskulatur in der leistungsmedizinischen Beurteilung des Ausdauerportlers". *Leistungssport* 3 (1973), 279-285.
- Hagemann, G., H. Weidemann, H. Reindell: "Über trainingsbedingte Veränderungen der Beziehungen zwischen anthropometrischen Beschreibungsgrößen, röntgenologischem Herzvolumen und maximalem Sauerstoff- bzw. Wattpuls". *Leistungssport* 6 (1976), 287-298.
- Hagermann, F.: "Eine Untersuchung über akkumulative Ermüdungserscheinungen bei den Teilnehmern der Weltmeisterschaften im Modernen Fünfkampf". *Leistungssport* 3 (1973) 289-298.
- Hahmann, H., E. Grauer: "Eine empirische Untersuchung zum mentalen Training im Sportunterricht der Hauptschule". *Die Leibeserziehung* 21 (1972), 427-430.
- Hahn, E.: "Regulative Methoden im Sport". *Leistungssport* 2 (1972), 282-285.
- Hahn, E.: "Psychoregulative Maßnahmen im Sport". *Die Lehre der Leichtathletik* (1976), 1771; 1774-1775; 1778; 1823.
- Hahn, E.: "Erziehung zu Spiel und Kreativität". En: Hahn, E., G. Kalb, L. Pfeiffer (eds.). *Kind und Bewegung*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1978, pp. 148-160.
- Hahn, E.: *Kindertraining*. BLV Verlagsges., München – Viena – Zürich, 1982. Existe traducción castellana: *Entrenamiento con niños*. Martínez Roca, 1988.
- Hahn, E.: "Begabung, Talent und Sport". *Leistungssport* 12 (1982), 170-175.
- Hahn, E., W. Preising (eds.): *Die menschliche Bewegung*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1976.
- Halar, E. M., W. C. Stolov, B. Venkatesh, F. V. Brozovich, J. D. Harley: "Gastrocnemius muscle belly and tendon length in stroke patients and able-bodied persons". *Arch. of Phys. Med. & Rehab.* 59 (1978), 476-484.
- Hall-Craggs, E.: "The significance of longitudinal fibre division in skeletal muscle". *J. of the Neurol. Sci.* (1972), 27-33.
- Haltefeld, M., U. Julius, J. Schulze, M. Zschomack, W. Leonhardt, S. Fischer, H. Haller: "Einschränkungen der metabolischen Anpassung bei Lipidstoffwechselstörungen". *Medizin und Sport* 22 (1982), 68-70.
- Haralambie, G.: "Stoffwechseleränderungen bei schwerathletischen Sportarten". *Leistungssport* 2 (1972), 276-281.
- Haralambie, G.: "Biochemische Serumwerte bei 12-13jährigen Kindern nach einem 10-km-Wettkampf". *Leistungssport* 6 (1976), 454-459.
- Haralambie, G., J. Keul: "Der Einfluß von Muskularbeit auf den Magnesiumspiegel und die neuromuskuläre Erregbarkeit beim Menschen". *Med. Klinik* 65 (1970), 1445.
- Haralambie, G., J. Keul: "Beziehungen zwischen Proteinstoffwechsel und körperlichen Belastungen". *Med. Welt* 22 (1971), 1977-1980.
- Hardy, L.: "Improving active range of hip flexion". *Res. Quart. for Exerc. and Sport* 56 (1985), 111-114.
- Hardy, L., D. Jones: "Dynamic flexibility and proprioceptive neuromuscular facilitation". *Res. Quart. for Exerc. and Sport* 57 (1986), 150-153.
- Hardyck, C., L. F. Petrinovich: "Left handedness". *Psychological Bulletin* 84 (1977), 3, 385-404.
- Harksen, R.: "Gedanken von Donald Quame (Jamaika) über das Sprinttraining". *Die Lehre der Leichtathletik* (1987), 641.
- Harnes, E.: "Zum Krafttraining im Speerwurf". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 1056; 1125-1128.
- Harre, D.: "Ist ein- bis zweimaliges Training in der Woche wirkungsvoll?" *Theorie und Praxis der Körperkultur* 24 (1975), 271-273.
- Harre, D. (red.): *Trainingslehre*. 6ª ed., Sportverlag, Berlin 1976.
- Harre, D. (red.): *Trainingslehre*. 8ª ed., Sportverlag, Berlin 1979.
- Harre, D., B. Deltow, I. Ritter: *Einführung in die allgemeine Trainings- und Wettkampflehre*. Bundesvorstand des DTSB (ed.), Berlin 1965.
- Harre, D., M. Hauptmann: "Schnelligkeit und Schnelligkeitstraining". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 36 (1987), 198-204.
- Harris, L. J.: "Left-handedness: Early theories, facts and fancies". En: Herron, J. (ed.). *Neuropsychology of left-handedness*. Academic Press, Nueva York, 1980, pp. 3-78.
- Harsanyi, L., M. Martin: "Vererbung – Stabilität – Auswahl". *Leistungssport* 16 (1986), 3, 9-11.
- Hartley-O'Brien, S. J.: "Six mobilisation exercises for active range of hip flexion". *Res. Quart. for Exerc. and Sport* 51 (1980), 625-635.

- Hartmann, W., H. Hommel: "Bibliographie zum Höhenttraining". *Die Lehre der Leichtathletik* (1981), 563; 566; 595; 602; 634.
- Haseloff, O.: *Grundfragen der Kybernetik, Forschung und Information*. Colloquium Verlag, Berlin, 1967.
- Hasler, H.: "Ausdauertraining – Bedeutung und Probleme". *Leistungssport in allen Spielklassen*. Volumen mixto, 7 (1978), 51-56.
- Hasler, H.: "Funktion und Bedeutung der koordinativen Fähigkeiten". *Maggingen* 46 (1989), 1, 14-19.
- Hasler, H.: "Zielgerichtete Vervollkommnung der koordinativen Fähigkeiten im Vereinssport der 7-bis 13jährigen", *Maggingen* 46 (1989), 9, 7-11.
- Hassan, S. E. A.: "Die Trainierbarkeit der Maximalkraft bei 7- bis 13jährigen Kindern". *Leistungssport* 21 (1991), 5, 17-24.
- Hasselbach, W.: *Muskel*. 2^a ed., Urban & Schwarzenberg, München – Berlin – Viena, 1975.
- Haug, H.: "Die Alterung der menschlichen Hirnrinde, Welche Aspekte kann die quantitative Morphologie für die Funktion geben". *Geriatrics – Pregeriatrics – Rehabilitation* 2 (1986), 4, 79-94.
- Hawkins, J. D.: "Specificity strength training as a factor in the improvement of shoulder strength and sprinting speed". *Track & Field quart. Rev.* 84 (1984), 2, 55-59.
- Haynes, L. W., A. J. Harborne, M. E. Smith: "Augmentation of acetylcholine response in denervated skeletal muscle by endorphins and spinal cord-conditioned culture media". *Eur. J. Pharmacol.* 86 (1982/83), 415-425.
- Hebb, D. O.: *The organization of behavior*. Wiley & Sons, Nueva York, 1949.
- Hebestreit, C.: "Zu Grundsätzen der Trainingsplanung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 19 (1970), 623-634.
- Hecht, A.: "Zur Adaptation der Muskelzelle an einen Belastungsreiz und Möglichkeiten ihrer Trainierbarkeit". *Medizin und Sport* 12 (1972), 358-367.
- Heck, H.: *Laktat in der Leistungsdiagnostik*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1990.
- Heck, H., K. Bechers, W. Lammerschmidt, E. Pruin, G. Hess, W. Hollmann: "Bestimmbarkeit, Objektivität und Validität der Conconi-Schwelle auf dem Fahrradergometer". *Dt. Z. Sportmed.* II (1989), 388-401.
- Heck, H., P. Roskopf: "Die Laktat-Leistungsdiagnostik – valider ohne Schwellenkonzepte". *TW Sport + Med.* 5 (1993), 344-352.
- Hecker, G.: *Kompendium Didaktik Sport*. Ehrenwirth Verlag, München 1979.
- Hegstrom, R. A., D. K. Kondepudi: "Händigkeit im Universum". *Spektrum der Wissenschaft* 13 (1990), 3, 56-57.
- Held, H.: "Neue Formen des Torlauftrainings". *Leistungssport* 5 (1975), 147-150.
- Hellbrügge, T., J. H. von Wimpffen (eds.): *Die ersten 365 Tage im Leben eines Kindes. Die Entwicklung des Säuglings*. TR-Verlag-union, München, 1977.
- Hellebrandt, F. A., A. M. Parrish, S. J. Houtz: "Cross education: The influence of unilateral exercise on the contralateral limbs". *Arch. of Physical Medicine* 28 (1947), 76-85.
- Hellebrandt, F. A., S. J. Houtz: "Influence of bimanual exercise on unilateral work capacity". *J. of Appl. Physiol.* 2 (1949/50), 446-452.
- Hellebrandt, F. A., S. J. Houtz, R. N. Ellbank: "Influence of alternate and reciprocal exercise on work capacity". *Arch. of Phys. Med.* 32 (1951), 766-776.
- Hellwig, T., H. Liesen, A. Moder, W. Holtmam: "Möglichkeiten einer sprintspezifischen Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung mit Hilfe der Blutlaktatkonzentration". *Dt. Z. Sportmed.* 39 (1988), 392-406.
- Hellwig, T.-A.: *Verhalten der Blutlaktatkonzentration nach Sprintbelastungen unterschiedlicher Belastungsdauer und -Intensität unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung einer speziellen Testmethodik zur sprintspezifischen Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung*. Hartung-Gorre Verlag, Constanza, 1991.
- Hempfer, P.: "Verbesserung des Bewegungsentwurfes im Tenni-sunterricht". *Lehrhilfen für den Sportunterricht* (1981), 21-24.
- Henatsch, H.-D.: "Bauplan der peripheren und zentralen sensorischen Kontrollen". En: Haase, J. y cols. (eds.). *Sensomotorik*. Urban & Schwarzenberg, München – Berlin – Viena, 1976, pp. 193-247.
- Henatsch, H.-D.: "Zerebrale Regulation der Sensomotorik". En: *Sensomotorik*, Haase, J. y cols. (eds.). *Sensomotorik*. Urban & Schwarzenberg, München – Berlin – Viena, 1976.
- Henatsch, H.-D., H. H. Langer: "Neurophysiologische Aspekte der Sportmotorik". En: Rieder, H. y cols. (eds.). *Motorik und Bewegungsforschung*. Hofmann, Schorndorf, 1983, pp. 27-55.
- Henker, E.: "Zur Bedeutung des frühzeitigen Erwerbs rationeller sporttechnischer Fertigkeiten im Nachwuchstraining des Skilanglaufs". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 30 (1981), 142-144.
- Hensel, H.: "Temperaturregulation". En: Keidel, W. (ed.), *Kurzgefasstes Lehrbuch der Physiologie*. Thieme Verlag, Stuttgart, 1973, 3^a ed., pp. 224-235.
- Hepp, E.: "Zu einigen Problemen der Spezialisierung im Kindesalter nach vorausgegangener Grundlagenausbildung". *Wiss. Z. Dt. Hochsch. für Körperkultur* 6 (1964). Número extraordinario.
- Hermansen, L.: "Anaerobic energy release". *Med. and Sci. in Sports* 1 (1969), 32-38.

- Hermansen, L., E. Hultman, B. Saltin: "Muscle glycogen during prolonged severe exercise". *Acta Physiol. Scand.* 71 (1967), 129-139.
- Hermansen, L., J. Osnes: "Blood and muscle pH after maximal exercise in man". *J. of Appl. Physiol.* 32 (1972), 304.
- Herron, J. (ed.): *Neuropsychology of left-handedness*. Academic Press, Nueva York, 1980.
- Hersch, J.: *Von der Einheit des Menschen*. Benzinger Verlag, Zürich – Colonia 1978.
- Herter, H.: "Zum speziellen Krafttraining des Sprinters". *Die Lehre der Leichtathletik* (1973), 557-559.
- Herzberg, P.: "Zum Problem der motorischen Lernfähigkeit und zu den Möglichkeiten des Diagnostizierens mit motorischen Tests". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 17 (1968), 1066-1073.
- Herzog, W. y cols.: "Moment-length relations of rectus femoris muscles of speed skaters/cyclists and runners". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 23 (1991), 1289-1296.
- Hess, W. R.: "Teleokinetisches und ereismatisches Kräftesystem in der Biomotorik". *Helv. Physiol. Pharmacol. Acta* 1 (1943), 62-63.
- Hess, W. R.: *Das Zwischenhirn, Syndrome, Lokalisationen, Funktionen*. Schwabe Verlag, Basilea, 1949.
- Hess, W.-D.: "Leistungsstrukturelle Aspekte des 100 m-Laufes und ihre Umsetzung in die Trainingspraxis". *Die Lehre der Leichtathletik* (1991), 22, 15-18.
- Hettinger, T.: "Das isometrische Training der Muskelkraft". *Sportarzt u. Sportmed.* 16 (1965), 66-69.
- Hettinger, T.: *Isometrisches Muskeltraining*. 2ª ed., Thieme, Stuttgart, 1966.
- Hettinger, T.: *Isometrisches Muskeltraining*. 4ª ed., Thieme, Stuttgart, 1972.
- Heuchert, R.: "Zur Objektivierung der Handlungshöhe und der Ausnutzung der Sprunghöhen im Wettkampf und Training und zur Entwicklung der Sprungfähigkeit im Volleyballspiel". Tesis doctoral, DHfK, Leipzig, 1978.
- Heyden, S.: *Diabetes mellitus, Hypercholesterinämie, Hyperurikämie, Übergewicht*. Böhringer, Mannheim, 1975.
- Hicks, R. E., M. Kinsbourne: "Human handedness: a partial cross-fastening study". *Science* 192 (1976), 908-910.
- High, D. M., E. T. Howley, B. D. Franks: "The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness". *Res. Quart. for Exerc. and Sport* 60 (1989), 357-361.
- Hildenbrandt, E.: "Sprache und Bewegung, Zur Verbalisierung von Bewegungsphänomenen". *Sportwissenschaft* 3 (1973), 55-69.
- Hill, A. V.: "The design of muscles". *Brit. Med. Bull.* 12 (1956), 165 s.
- Hirsch, L.: "Doppelperiodisierung in Ausdauerdisziplinen". *Die Lehre der Leichtathletik* (1975), 667; 668; 704.
- Hirsch, L.: "Marathontraining in der DDR". *Die Lehre der Leichtathletik* (1975), 269-270.
- Hirsch, L.: "Wettkampfplanung im Langstreckenlauf". *Die Lehre der Leichtathletik* (1975), 197; 200.
- Hirsch, L.: "Maßnahmen zur Verbesserung der aeroben Kapazität". *Die Lehre der Leichtathletik* (1977), 123-126.
- Hirtz, P.: Zur Bewegungseigenschaft Gewandtheit. *Theorie und Praxis der Körperkultur* 17 (1968).
- Hirtz, P.: "Zur Schulung koordinativer Fähigkeiten im Sportunterricht". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), Suplemento 1, 83-90.
- Hirtz, P.: "Die koordinative Vervollkommnung als wesentlicher Bestandteil der körperlichen Grundausbildung". *Körpererziehung* 25 (1976), 381-387.
- Hirtz, P.: "Untersuchungen zur Entwicklung koordinativer Leistungsvoraussetzungen bei Schulkindern". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 283-289.
- Hirtz, P.: "Struktur und Entwicklung koordinativer Leistungsvoraussetzungen bei Schulkindern". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 503-510.
- Hirtz, P.: "Koordinativ-motorische Vervollkommnung der Kinder und Jugendlichen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), Suplemento 1, 11-16.
- Hirtz, P.: "Zur Trainierbarkeit koordinativer Funktionen und Fähigkeiten im außerunterrichtlichen Sport". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), Suplemento 2, 36-40.
- Hirtz, P.: "Koordinative Fähigkeiten - Kennzeichnung, Altersgang und Beeinflussungsmöglichkeiten". *Medizin und Sport* 21 (1981), 348-351.
- Hirtz, P., H. Rübesamen, H. Wagner: "Gewandtheit als Problem der sensomotorischen Entwicklung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 21 (1972), 742-749.
- Hirtz, P., G. Ludwig: "Ziele, Mittel und Methoden der koordinativen Vervollkommnung". *Körpererziehung* 11 (1976), 506-510.
- Hirvonen, J., A. Nummela, H. Rusko y cols.: "Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400 m sprint". *Can. J. Sports Sci.* 17 (1992), 141-144.
- Hochmuth, G.: *Biomechanik sportlicher Bewegungen*. Limpert Verlag, Francfort del Meno, 1967.
- Hönigsmann, H.: "Dermatologische Effekte und Konsequenzen der erhöhten UV-Intensität in Höhenlagen". En: Deetjen, P., E. Humpeler (eds.). *Medizinische Aspekte der Höhe*. Thieme Verlag, Stuttgart – Nueva York, 1981, pp. 61-73.
- Hofer, P., K. Röster: "Sport-Tester PE 3000 Trainingsystem". *Schw. Z. Sportmed.* 2 (1985), 67-69.

- Hoffmann, B.: *Handbuch des autogenen Trainings: Grundlagen, Technik, Anwendung*. 4ª ed., dtv, München, 1982.
- Hoffmann, H. y cols.: "Die Abhängigkeit der Laktatkonzentration im Blut von der Arbeitsintensität". *Medizin und Sport* 15 (1975), 313-316.
- Hofmann, H., G. Grundmann, C. Pausch: *Übungssammlung für die körperliche Grundausbildung*. Volk und Wissen, Berlin, 1969.
- Hofmann, S., G. Schneider: "Eignungsbeurteilung und Auswahl im Nachwuchsleistungssport". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 34 (1985), 44-52.
- Hofmann, P., G. Gaisl, B. Stockinger, R. Leitner: "Modifikationen des Conconi-Tests für die Anwendung in Hallenspielsportarten". *Leistungssport* 3 (1989), 27-28.
- Hollmann, W.: *Körperliches Training als Prävention von Herz-Kreislaufkrankheiten*. Hippokrates, Stuttgart, 1965.
- Hollmann, W. (ed.): *Zentrale Themen der Sportmedizin*. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - Nueva York, 1972.
- Hollmann, W.: "Der Mensch an den Grenzen seiner körperlichen Leistungsfähigkeit". *Dt. Z. Sportmed.* 32 (1981), 247-250.
- Hollmann, W.: "Muskelkraft und Krafttraining aus sportmedizinischer Sicht". *Dt. Z. Sportmed.* 38 (1987), 405-415.
- Hollmann, W. y cols.: "Die kardiopulmonale Leistungsentwicklung von Jungen und Mädchen in Beziehung zum biologischen Alter und spezieller Berücksichtigung der Akzelerierten und Retardierten". En: *Deutscher Sportärztebund: Verhandlungen* [Actas del Colegio Médico Alemán]. Demeter, Gräfelfing, 1971, 24ª sesión, Würzburg 14-17/10/1971, pp. 35-37.
- Hollmann, W., H. Karcher, D. Stolte: "Über den Einfluß einer Kohlenhydratdiät auf das kardiopulmonale und Ausdauerleistungsverhalten". *Sportarzt u. Sportmed.* 24 (1973), 55-60, y *Leistungssport* 3 (1973), 390-393.
- Hollmann, W., H. Liesen: "Über die Bewertbarkeit des Lactats in der Leistungsdiagnostik". *Sportarzt u. Sportmed.* 24 (1973), 175-182.
- Hollmann, W., T. Hettinger: *Sportmedizin – Arbeits- und Trainingsgrundlagen*. 2ª ed., Schattauer, Stuttgart – Nueva York, 1980.
- Hollmann, W., H. Liesen, A. Mader, H. Heck, R. Rost, B. Dufaux, P. Schürch, D. Lagerström, R. Föhrenbach: "Zur Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit der deutschen Fußball-Spieler". *Dt. Z. Sportmed.* 5 (1981), 113-120.
- Hollmann, W., Meirleir, K. de: "Gehirn und Sport - hämodynamische und biochemische Aspekte". *Dt. Z. Sportmed.* 39 (1988). Número extraordinario, pp. 56-64.
- Hoster, M.: "Verletzungsvorbeugung beim Krafttraining". *Die Lehre der Leichtathletik* (1971), 1786-1788.
- Hoster, M.: "Zur Bedeutung verschiedener Dehnungsarten bzw. Dehnungstechniken in der Sportpraxis". *Die Lehre der Leichtathletik* (1987), 1523-1526.
- Hotz, A.: "Der Trainer in der Beurteilungssituation. Ein Betrag zur Abklärung der Förderungswürdigkeit eines Athleten". *Leistungssport* 7 (1977), 474-478.
- Hotz, A.: "ABC einer praxisbezogenen Trainingslehre". *Eidgenössische Turn- und Sportschule*, Magglingen, 1980, pp. 105-110.
- Hotz, A.: "Kreativität dank Umlernen". *Allg. Schweiz. Militärzeitschr.* 147 (1981), 183-184.
- Hotz, A.: *Bewegungslernen im (Leistungs-)Sport*. *Eidgenössische Turn- und Sportschule*, Magglingen, 1982.
- Hotz, A.: "Sich-bewegen-lernen und Bewegungslernen auf Schnee und Ski, Handlungspsychologische und pädagogische Aspekte". *Sportlerziehung in der Schule* (1982), 11/12, 5-11.
- Holz, A.: "Perspektiven aus der Sicht des Bewegungslernens". En: Studier, R., W. Bücher (eds.). *Erfolg mit beiden Seiten*. Edición propia, Dübendorf/Unterägeri (Suiza), 1986, pp. 23-34.
- Hotz, A.: "Qualitatives Bewegungslernen". SVSS Verlag, Zuzikon, 1986.
- Hotz, A.: "Standortbestimmung 'Trainingslehre'". *Sportinformation* (1988) 3, 11-13.
- Hotz, A.: *Praxis der Trainings- und Bewegungslehre*. Diesterweg Verlag, Frankfurt, 1991.
- Hotz, A.: "Meine Spieler haben vielleicht mehr Talent und Klasse, Deine aber das Entscheidende: mehr Willen zum Sieg und mehr Selbstvertrauen!". *Leistungssport* 24 (1994), 1, 16-19.
- Hotz, A., J. Weineck: *Optimales Bewegungslernen, Anatomisch-physiologische und bewegungspsychologische Grundlagenaspekte des Techniktrainings*. Perimed Fachbuch-Verlagsges., Erlangen, 1983.
- Hotz, A., J. Weineck: *Optimales Bewegungslernen, Anatomisch-physiologische und bewegungspsychologische Grundlagenaspekte des Techniktrainings*. 2ª ed., Perimed Fachbuch-Verlagsges., Erlangen, 1988.
- Houk, J. C., P. E. Crago, W. Z. Rymer: "Functional properties of the golgi tendon organs". En: Desmedt, J. E. (ed.). *Spinal and supraspinal mechanisms of voluntary motor control and locomotion*. Karger, Basilea, 1980.
- Howald, H.: "Auswirkungen von Höhenttraining auf die Leistungsfähigkeit im Flachland". *Jugend und Sport* 28 (1971), 273-276.
- Howald, H.: "Neue Aspekte zum Dauerleistungstraining". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 21 (1973), 111-116.
- Howald, H.: *Blutdoping*. *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 23 (1975), 201-203.

- Howald, H.: "Morphologische und funktionelle Veränderungen der Muskelfasern durch Training". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 32 (1984), 5-14.
- Howald, H.: "Veränderungen der Muskelfasern durch Training". *Leistungssport* 19 (1989), 2, 18-24.
- Howald, H., R. Maier: "Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel beim 15 km Skilanglaufen". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 19 (1971), 56.
- Howald, H., B. Segesser: "Ascorbic acid and athletic performance". En: King, C. G. y cols. (eds.). *Second Conference on Vitamin C*. Nueva York 1974, pp. 458-464, New York Academy of Sciences, Nueva York, 1975.
- Howald, H., E. Hahn (eds.): *Kinder im Leistungssport*. Birkhäuser, Basilea – Boston – Stuttgart, 1982.
- Hucho, F.: *Gedächtnismoleküle*. Universitas -Verlag, Constanza, 1976.
- Hüllemann, K.-D. (ed.): *Leistungsmedizin, Sportmedizin für Klinik und Praxis*. Thieme Verlag, Stuttgart, 1976.
- Hag, O.: "Zur lernpsychologischen Fundierung des Techniktrainings in einer Zusammenarbeit zwischen Trainer und Psychologe". *Leistungssport* 11 (1981), 128-136.
- Hughes, E. F., S. C. Turner, G. A. Brooks: "Effects of glycogen depletion and pedaling speed in 'anaerobic threshold'". *J. Appl. Physiol.* 52, 6 (1982), 1598-1607.
- Hultman, E.: Physiological role of muscle glycogen in man with special reference to exercise. *Circulation Res. Suppl.* 1 to vols. XX and XXI (1967), 99.
- Hultman, E., D. Chasiotis, H. Sjöholm: "Energy metabolism in muscle". En: Sutton, J. R., C. S. Houston, N. L. Norman (eds.). *Hypoxia, exercise, and altitude: Proceedings of the third Banff International Hypoxia Symposium*. Alan R. Liss, Inc., Nueva York, 1983, pp. 257-272.
- Hultman, E., L. L. Spriet, K. Södelund: "Energy metabolism and fatigue in working muscle". En: Macleod, D., R. Maughan, M. Nimmo, T. Reilly, C. Williams (eds.). *Exercise – benefits, limits and adaptations*. Spon, Londres - Nueva York, 1987, pp. 63-84.
- Hume, T., H. Kalimo: "Activation of myogenic precursor cells after muscle injury". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 24 (1992), 197-205.
- Huston, J. P., C. Mueller: "Memory facilitation by post-trial hypothalamic stimulation and other reinforcers: a central theory of reinforcement". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*, Akademie Verlag, Berlín, 1979, pp. 175-186.
- Hutton, R. S., J. L. Smith, E. Eldred: "Postcontraction sensory discharge from muscle and its source". *J. NeuroPhysiol.* 36 (1973), 1090-1103.
- Hyden, H.: "Biochemical changes in glial cells and nerve cells at varying activity". En: Hoffmann-Ostenhof, O. von (ed.). *Proceedings of the Fourth International Congress of Biochemistry, vol. 3: Biochemistry and the central nervous System*. Pergamon Press, Londres, 1959.
- Hyden, H.: "Neuronal plasticity, protein conformation and behaviour". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York – Londres, 1973, pp. 511-520.
- Ikai, M.: "Biomechanics of sprint running with respect to the speed curve". En: *Biomechanics 1, Proceedings of the First International Seminar on Biomechanics*. Zürich, Karger, Basilea – Nueva York, 1967, pp. 282-290.
- Ikai, M., A. Steinhaus: "Some factors modifying the expression of human strength". *J. of appl. Physiol.* 16 (1961), 157.
- Ikai, M., T. Fukunaga: "A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement". *Int. Z. f. Angewandte Physiologie* 28 (1970), 173-180.
- Iles, J.: "Reciprocal inhibition during agonist and antagonist contraction". *Experiment. Brain Res.* 62 (1986), 212-214.
- Ilg, H., W. Knappe: "Aspekte der psycho-physischen Belastbarkeit im Kindesalter". *Medizin und Sport* 16 (1976) 134-138.
- Ilg, H., W. Knappe: "Planung und Gestaltung der Körpererziehung 6- bis 10jähriger Schüler". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), 7-11.
- Ilg, H., H. Köhler: "Über die Vervollkommnung der Laufausdauer im Schulalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 914-925.
- Inbar, O., P. Kaiser, P. Tesch: "Relationships between leg muscle fiber type distribution and leg exercise performance". *Int. J. Sports Med.* 2 (1981), 154-159.
- Inglis, R.: "Training for acceleration in the 100 m sprint". *Athletics Coach* 23 (1989), 1, 23-26.
- International Athletic Foundation: "Scientific Report on the II World Championships in Athletics Rome 1987". 2ª ed., IAF, Marshallarts, 1990.
- Iranyi, P.: "Taktik und Technik beim Fechten". *Leistungssport* 3 (1973), 418-423.
- Irving, L.: "Adaptation to cold". *Science* 214 (1966), 94 f.
- Israel, C., S. Israel: "Der Einfluß der Spielposition auf organische und funktionale Anpassungserscheinungen bei Fußballspielern". *Medizin und Sport* 4 (1964), 176.
- Israel, S.: "Das akute Entlastungssyndrom des Leistungssportlers". *Sportarzt u. Sportmed.* 18 (1967), 185-190.
- Israel, S.: *Sport, Herzgröße und Herz-Kreislauf-Dynamik*. Barth, Leipzig, 1968.

- Israel, S.: "Die Ausbelastungs-Herzfrequenz als leistungsdiagnostische Kenngröße". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 22 (1973), 254-258.
- Israel, S.: "Die Sportfähigkeit juveniler Hypertoniker". *Medizin und Sport* 13 (1973), 12.
- Israel, S.: "Das akute Entlastungssyndrom". *Medizin und Sport* 15 (1975), 326-335.
- Israel, S.: "Lang und langsam – ein wichtiges Trainingsprinzip im Sport der Werktätigen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 24 (1975), 819-825.
- Israel, S.: "Die Bewegungskoordination frühzeitig ausbilden". *Körpererziehung* 26 (1976), 501-505.
- Israel, S.: "Zur Problematik des Übertrainings aus internistischer und leistungsphysiologischer Sicht". *Medizin und Sport* 16 (1976), 1-12.
- Israel, S.: "Bewegungskoordination frühzeitig ausbilden". *Die Lehre der Leichtathletik* (1977), 989; 992; 1027-1028.
- Israel, S.: "Das Erwärmen als Startvorbereitung". *Medizin und Sport* 17 (1977), 386-391.
- Israel, S.: "Körperliche Aktivität und Adipositas". *Medizin und Sport* 18 (1978), 213-216.
- Israel, S.: "Sporthetz". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 742-753.
- Israel, S.: "Körperliche Leistungsfähigkeit und Gesundheit". *Medizin und Sport* 19 (1979), 267-269.
- Israel, S.: "Sportmedizinische Aufgaben bei der Gestaltung des Übungs-, Trainings- und Wettkampfbetriebes von Sporttreibenden im mittleren Lebensalter". *Medizin und Sport* 19 (1979), 113-115.
- Israel, S.: "Sportmedizinische Positionen zu Leistungsprüfverfahren im Sport". *Medizin und Sport* 19 (1979), 28-35.
- Israel, S.: *Sport und Herzschlagfrequenz*. Barth, Leipzig, 1982.
- Israel, S.: "Die bewegungsbedingte körperliche Adaptation als biotisches Prinzip". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 37 (1988), 86-94.
- Israel, S.: "Der kleine Unterschied". *TW Sport + Med.* 2 (1990), 432-446.
- Israel, S.: "Konkurrenzreaktionen bei hochgradiger Fähigkeitssausprägung". *Sportwissenschaft* 21 (1991), 337-353.
- Israel, S.: "Folgen des Sportentzugs – Erkennung und Behebung". *Leistungssport* 23 (1993), 2, 17-20.
- Israel, S.: "Wettkampf in Langzeitausdauerdisziplinen bei Hitze". *Leistungssport* 24 (1994), 1, 45-48.
- Israel, S., G. Israel, P. Thierbach: "Typische Erkrankungen und körperliche Störungen bei hohen physischen Belastungen in mittleren Höhen". *Medizin und Sport* 9 (1969), 139-147.
- Israel, S., J. Weber: *Probleme der Langzeitausdauer im Sport*. Barth, Leipzig, 1972.
- Israel, S. y cols.: "Enzymaktivitäten im Serum nach einem 88-km-Lauf". *Medizin und Sport* 16 (1976), 363-367.
- Israel, S., R. Winter: "Ausbildungsaspekte der Koordination im Unterstufenalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), Suplemento 1, 53-55.
- Israel, S., B. Buhl: "Die sportliche Trainierbarkeit in der Pubeszenz". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), Suplemento 2, 33-36.
- Israel, S., E. Köhler, W. Ehrler, B. Buhl: "Die Trainierbarkeit in späteren Lebensabschnitten". *Medizin und Sport* 22 (1982), 90-93.
- Ivanova, M. P., J. N. Silin: "Zur Veränderung des motorischen Hirnrindenpotentials unter dem Einfluß psychoregulierender Trainingsmaßnahmen zur Erhöhung der sportlichen Resultate (traducido al alemán). *Teorija i Praktika fiziceskoj kul'tury*, Moscú, 46 (1983), 12, 20-21; 40.
- Ivy, J. L., D. L. Costill, P. J. Van Handel, D. A. Essig, R. W. Lower: "Alteration in the lactate threshold with changes in Substrate availability". *Int. J. Sports Med.* 2 (1982), 139 s.
- Iwanowa, M. P., A. Lornow: "EEG-Veränderungen des Sportlers unter dem Einfluß einer adäquaten Reizung des Vestibularanalysators". *Medizin und Sport* 19 (1979), 68-70.
- Iwoilow, A. W.: "Theoretische Aspekte der sportlichen Taktik". *Leistungssport* 3 (1973), 126-129.
- Jackson, R., B. Balke: "Training at altitude for performance at sea level". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 19 (1971), número especial, Höhenttraining, 19-27.
- Jacobs, I.: "The effects of thermal dehydration on performance of the Wingate anaerobic test". *Int. J. Sports Med.* 1 (1980), 21-24.
- Jacobs, I.: "Lactate concentration after short, maximal exercise at various glycogen levels". *Acta Phys. Scand.* 111 (1981), 465-469.
- Jacobs, I.: "Lactate, muscle glycogen and exercise performance in man". *Acta Phys. Scand.* (1981), Suppl. 495.
- Jacobs, I.: "Influence of carbohydrate Stores on maximal human power output". En: Macleod, D., R. Maughan, M. Nimmo, T. Reilly, C. Williams (eds.). *Exercise - benefits, limits and adaptations*. Spon, Londres – Nueva York, 1987, pp. 104-115.
- Jacobs, I.: "Nutrition of the elite footballer". En: Reilly, T., A. Lees, K. Davids, W. J. Murphy (eds.). *Science and football*, Spon, Londres – Nueva York, 1988, pp. 23-32.
- Jacobs, I., O. Bar-Or, J. Karlsson, R. Dotan, P. Tesch, P. Kaiser, O. Inbar: "Changes in muscle metabolites in females with 30-s exhaustive exercise". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 14 (1982), 457-460.
- Jacobs, I., P. Kaiser, P. Tesch: "Muscle strength and fatigue after selective glycogen depletion in human skeletal muscle fibers". *Eur. J. Appl. Physiol.* 46 (1981), 47-53.

- Jacobs, I., N. Westlin, J. Karlsson, M. Rasmusson: "Muscle glycogen and diet in elite soccer players". *Eur. J. Appl. Physiol. occup. Physiol.* 48 (1982), 297-302.
- Jacobs, I., P. A. Tesch, O. Bar-Or, J. Karlsson, R. Dotan: "Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30 s of supramaximal exercise". *J. Appl. Physiol.* 55 (1983), 365-367.
- Jacobsen, E.: "Electrophysiology of mental activities". *Amer. J. Psychol.* 44 (1932), 667-694.
- Jacobsen, E.: "Learning in flat worms and annelids". *Psychol. Bull.* 60 (1963), 74-94.
- Jäger, H.-G. y cols.: "Kohlenhydrat-, Fett- und Katecholaminsstoffwechselregulation unter verschiedenen Belastungsformen bei Schwimmtraining". *Sportarzt u. Sportmed.* 25 (1974), 134-136; 160-162.
- Jäger, K., G. Oelschlägel: *Kleine Trainingslehre*. Sportverlag, Berlin, 1972.
- Jahnecke, J.: *Risikofaktor Hypertonie*. Böhringer, Mannheim, 1974.
- Jakeman, P., R. Patfreeman: Carbohydrate feeding during endurance cycling. *Coaching Focus* (1989), 10, 8-9.
- Jakob, E., P. Wolfahrt, J. Keul: "Ein neues System zur Herzfrequenzregistrierung über elektromagnetische Wellen". En: *Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin*. Zuckschwerdt, München – Berna – Viena, 1986.
- Jakob, E., I. Arratibel, W. Stockhausen, G. Haber, J. Keul: "Die Herzfrequenz als Kenngröße der Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung". *Leistungssport* 5 (1988), 23-25.
- Jakowlew, N. N.: "Die Bedeutung der Homöostasestörung für die Effektivität des Trainingsprozesses". *Medizin und Sport* 12 (1972), 367 s.
- Jakowlew, N. N.: "Entwicklungsperspektiven der Sportbiochemie und ihre Bedeutung für die Sportpraxis". *Medizin und Sport* 13 (1973), 201-204.
- Jakowlew, N. N.: "Biochemische Adaptationsmechanismen der Skelettmuskeln an erhöhte Aktivität". *Medizin und Sport* 15 (1975), 132-138.
- Jakowlew, N. N.: "Die Ernährung des Sportlers am Wettkampftage". Sportverlag, Berlin, 1976.
- Jakowlew, N. N.: "Erweiterung des Regulationsbereiches des Stoffwechsels bei Anpassung an verstärkte Muskeltätigkeit". *Medizin und Sport* 16 (1976), 66-70.
- Jakowlew, N. N.: *Sportbiochemie*. Barth, Leipzig, 1977.
- Jakowlew, N. N.: "Die biochemische Grundlage der Ermüdung und ihre Bedeutung in der sportlichen Praxis". *Leistungssport* 8 (1978), 513-516.
- Jakowlew, N. N.: "Biochemische und morphologische Veränderungen der Muskelfasern in Abhängigkeit von der Art des Trainings". *Medizin und Sport* 18 (1978), 161-164.
- Janda, V.: *Muskelfunktionsdiagnostik*. 2^a ed., Volk und Gesundheit, Berlin (Este), 1986.
- Janda, V.: *Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik*. 3^a ed., Ullstein Mosby, Berlin, 1994.
- Janssen, P. G. J. M.: *Ausdauertraining-Trainingssteuerung über die Herzfrequenz- und Milchsäurebestimmung* (traducido al alemán por J. Weineck und R. Reijnders). Spitta Verlag GmbH, Balingen, 1996.
- Janzen, R.: "Die letzten 100 Jahre Lokalisationsforschung an der Großhirnrinde". *Z. f. Neurol.* 202 (1972), 75-93.
- Jenkins, D. G., B. M. Quigley: "The influence of high-intensity exercise training on the $W_{lim} - T_{lim}$ relationship". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 25 (1993), 275-282.
- Jenoure, P., B. Segesser: "Krafttraining aus der Sicht des Sportmediziners". *Tip Sportmagazin* Nov., (1987).
- Jerat, W.: "Mit neuem Elan in die Restsaison!". *Fußballtraining* 9 (1991), 2, 11-19.
- Jessen, K.: "Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Intelligenz und der Fähigkeit, mental zu trainieren". En: Volkamer, M. (ed.). *Experimente in der Sportpsychologie*. Hofmann Verlag, Schorndorf 1972, pp. 91-95.
- Jessen, K., M. Medler, M. Volkamer: "Untersuchungen zum 'Mentalen Training'". En: Ausschuß Deutscher Leibeserzieher (ed.). *Motivation im Sport*. Hofmann, Schorndorf, 1971, pp. 344-349.
- Joch, W.: "Erhöhung des Kraftpotentials als Voraussetzung für Leistungssteigerungen im Sprint?". *Die Lehre der Leichtathletik* (1989), 338-340.
- Joch, W.: *Das sportliche Talent*. Meyer & Meyer Verlag, Aquisgrán 1992.
- Joch, W., J. Seidel: "Vertikale Absprungkraft und komplexe Hochsprungleistung, Geschlechtsspezifische und leistungsbabhängige Bedingungen". *Leistungssport* 5 (1975), 236-241.
- John, H.: "Zur Periodisierung und Wettkampfterminierung bei Kindern". *Der Deutsche Schwimmsport* 27 (1977), 34, suplemento: Für die Mappe des Technikers 2, 9-12.
- John, P. J., V. I. Wright: "Relative importance of various tissues in joint stiffness". *J. of Appl. Physiol.* 17 (1962), 824 ss.
- Johnson, M. A. y cols.: "Data on the distribution of fibre types in thirty six human muscles. An autopsy study". *J. of the Neurol. Sci.* 18 (1973), 111-129.
- Jokl, E.: "Die zerebrale Steuerung der menschlichen Motorik". *Dt. Z. Sportmed.* 33 (1982), 141-147.
- Jonath, U. (ed.): "Praxis der Leichtathletik, eine Enzyklopädie", Bartels & Wernitz, Berlin – München – Francfort, 1973.
- Jonath, U.: "Einfach- oder Doppelperiodisierung?". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 909-912.
- Jonath, U.: "Krafttraining mit Schülern und Jugendlichen". En: Ahsbahs, H. (ed.). *Leichtathletik – für Jugend und Schüler*.

- Bartels & Wernitz, Berlin – München – Francfort, 1974, 2ª ed., pp. 131-138.
- Jonath, U. (ed.): *Lexikon Trainingslehre*. Rowohlt Verlag, Reinbek, 1988.
- Jonath, U., W. Reuter: "Leistungsgerechtes Verhalten am Wettkampftage". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 1407-1409.
- Jones, G.: "Optimal use of imagery in learning and performance". En: Rieder, H. (ed.). *Sport psychology - international*, bps-Verlag, Colonia, 1984, pp. 315-328.
- Jones, J. G.: "Motor learning without demonstration of physical practice under two conditions of mental practice". *Res. Quart.* 36 (1965), 270-276.
- Jung, K., W. Schäfer-Nolte: "Todesfälle im Zusammenhang mit Sport". *Dt. Z. Sportmed.* 33 (1982), 5-11.
- Jung, R.: "Einführung in die Bewegungsphysiologie". En: Haase, J. y cols., *Sensomotorik*, Urban & Schwarzenberg, München 1976, pp. 1-98.
- Jung, R.: "Einführung in die allgemeine Neurophysiologie". En: ten Bruggencate, G. y cols. (eds.). *Allgemeine Neurophysiologie*. Urban & Schwarzenberg, München – Viena – Baltimore, 1980, 3ª ed.
- Jung, R.: "Zur Bewegungsphysiologie beim Menschen: Fortbewegung, Zielsteuerung und Sportleistungen". En: Küchler, G. (ed.). *Motorik*, Fischer Verlag, Stuttgart, 1983, pp. 7-63.
- Kahle, W., H. Leonhardt, W. Platzer: *Taschenatlas der Anatomie, Bd. 3: Nervensystem und Sinnesorgane*. Thieme Verlag, Stuttgart, 1979.
- Kalinin, W. K., N. N. Osolin: "Zur Struktur der Wettkampfperiode". *Leistungssport* 5 (1975), 231-234.
- Kaminski, G.: "Bewegung – von außen und innen gesehen". *Sportwissenschaft* 2 (1972), 51-63.
- Kaminski, G.: "Überlegungen zur Funktion von Handlungstheorien in der Psychologie". En: Lenk, H. (ed.). *Handlungstheorien - interdisziplinär*. Fink Verlag, München, 1981, tomo 3, 1, pp. 93-121.
- Kammerer, E., C. Rauca, H. Matthies: "Incorporation of choline into acetylcholin during a learning experiment". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlin 1979, pp. 145-151.
- Kanehisa, H., M. Miyashita: "Specificity of velocity in strength training". *Eur. J. Appl. Physiol.* 52 (1983), 104-106.
- Kannus, P.: "Normality, variability and predictability of work, power and torque acceleration energy with respect to peak torque in isokinetic muscle testing". *Int. J. Sports Med.* 13 (1992), 249-256.
- Karl, H.: "Das Sportärztliche Seminar in Davos" *Sportarzt u. Sportmed.* 23 (1972), 274-275; 298-301.
- Karlsson, J. y cols.: "Das menschliche Leistungsvermögen in Abhängigkeit von Faktoren und Eigenschaften der Muskelfasern". *Medizin und Sport* 12 (1975), 357-364.
- Karlsson, J., B. Saltin: "Lactate, ATP and CP in working muscles during exhaustive exercise in man". *J. of Appl. Physiol.* 29 (1970), 598.
- Karlsson, J., B. Saltin: "Diet, muscle glycogen, and endurance performance". *J. of Appl. Physiol.* (1971), 203-206.
- Karpovich, P. V.: *Physiology of muscular activity*. Saunders, Filadelfia, 1959.
- Katzenbogner, H.: "Leichtathletik macht Spaß". Escrito sin publicar, ca. 1990.
- Katzenbogner, H.: "Erster Schritt zum Sieg". *Leichtathletik* 4 (1993), 5/6, 27-32.
- Katzenbogner, H., M. Medler: *Spieleleichtathletik. Teil 1 und 2*. Medler, Neumünster, 1993.
- Kawakami, Y., Y. Hirano, M. Miyashita, T. Fukunaga: "Effect of leg extension training on concentric and eccentric strength of quadriceps femoris muscles". *Scand. J. Med. & Sci. in Sports* 3 (1993), 22-27.
- Keidel, W. D.: *Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie*. 3ª ed., Thieme Verlag, Stuttgart, 1973.
- Keilholz, U. y cols.: "Erholungsverlauf der Herzfrequenz nach körperlichen Belastungen – Bedeutung für die Trainingspraxis". *Leistungssport* 12 (1982), 114-117.
- Keller, G.: *Züricher Novellen, Legenden und Erzählungen*. Sobre todo: *Das Fähnlein der sieben Aufrechten*, Insel Verlag, München, 1978, pp. 223-288. Existe traducción castellana: *Novelas de Zürich*. Alba Editorial, 2000.
- Keller, H. y cols. (eds.): "Vom Wissen und Handeln im Sport". ETHZ, Zürich 1980.
- Keller, S.: "Zur Herausbildung des Wetteiferns und des Leistungsverhaltens im Vorschulalter". *Leistungssport* 24 (1994), 1, 43.
- Kemmler, R.: *Psychologisches Wettkampftraining*. BLV Verlagsges., München, 1973.
- Kemper, H. C. G., R. Verschuur: "Maximal aerobic power in 13- and 14-year-old teenagers in relation to biologic age". *Int. J. Sports Med.* 2 (1981), 97-100.
- Kennedy, J. M. y cols.: "Nascent muscle fiber appearance in overloaded chicken slow-tonic muscle". *Am. J. Anat.* 181 (1988), 203-213.
- Kerr, R., B. Booth: "Das Lernen von Fertigkeiten bei 7- und 9-jährigen Kindern und die Schema-Theorie". *Leistungssport* 10 (1980), 120-123.
- Kersee, B.: "Philosophy of running training and methodology – women sprinters and heptathlon". *Track & Field quart. Rev.* 89 (1989), 1, 3-5.

- Kesner, R. P., H. S. Conner: "Independence of short- and long-term memory: a neural system analysis". *Science* 176 (1972), 432-434.
- Keul, J.: "Die Bedeutung des aeroben und anaeroben Leistungsvermögens für Mittel- und Langstreckenläufer(innen)". *Die Lehre der Leichtathletik* (1975), 593; 596; 632.
- Keul, J.: "Problematik der Regeneration im Training und Wettkampf aus biochemischer und physiologischer Sicht". *Leistungssport* 3 (1973) 24-33.
- Keul, J.: "Training und Regeneration im Hochleistungssport". *Leistungssport* 8 (1978), 236-246.
- Keul, J.: "Zur Belastbarkeit des kindlichen Organismus aus biochemischer Sicht". En: Howald, H., E. Hahn (eds.). *Kinder im Leistungssport*. Birkhäuser, Basilea – Boston – Stuttgart, 1982, pp. 31-49.
- Keul, J.: "Belastbarkeit von Kindern im Bereich Tennis". Conferencia con ocasión del 4^a congreso federal de la DTB/VDT, con fecha de 6/1/1991.
- Keul, J. y cols.: "Die Veränderungen von Kreislauf- und Stoffwechselgrößen bei Kindern während eines Skilanglaufs unter einem Multivitamin-Elektrolyt-Granulat". *Dt. Z. Sportmed.* 30 (1979), 65-72.
- Keul, J., E. Doll, D. Keppler: *Muskelstoffwechsel*. Barth, München, 1969.
- Keul, J., N. Löhmann, P. Adolph: "Die Veränderung der Herzfrequenz und der arteriellen Glucose- und Lactat-Spiegel bei 2-4minütigen Intervallläufen". *Int. Z. f. angew. Physiol. Incl. Arbeitsphysiol.* 29 (1970), 1, 55-64.
- Keul, J., F. Cerny: "Influence of altitude training on muscle metabolism and performance in man". *Brit. J. Sports Med.* 8 (1974), 18-29.
- Keul, J., G. Huber, W. Kindermann: "Unterschiedliche Wirkung des Skilanglaufes und des Skiabfahrtslaufes auf Kreislauf und Stoffwechsel", *Sportarzt u. Sportmed.* 26 (1975), 49-58.
- Keul, J., A. Klümper, S. Baumann: "Beziehungen zwischen Verletzungshäufigkeit und blutchemischen Veränderungen". *Leistungssport* 8 (1978), 343-347.
- Keul, J., W. Kindermann, G. Simon: "Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik". *Leistungssport* 8 (1978), 22-32.
- Keul, J., G. Simon, A. Berg, H.-H. Dickhuth, I. Goertler, R. Kübel: "Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung". *Dt. Z. Sportmed.* 7 (1979), 212 s.
- Keul, J., H.-H. Dickhuth, A. Berg, M. Lehmann, G. Huber: "Allgemeine und sportartspezifische Leistungsdiagnostik im Hochleistungsbereich. Labortests und Feldversuche". *Leistungssport* 11 (1981), 382-398.
- Kibele, A., K.-J. Müller: "Neuromuskuläre Aktivierung der Beinstreckmuskulatur". *Dt. Z. Sportmed.* 40 (1989), 80-84.
- Kiessling, B., M. Viol: "Zur Veränderung von Körperteilmassen im sportlichen Leistungstraining". *Medizin und Sport* 30 (1990), 121-124.
- Kimura, D., Y. Archibald: "Motor functions of the left hemisphere". *Brain* 97 (1974), 337-350.
- Kindermann, W.: "Hinweise auf alters- und geschlechtsspezifische Besonderheiten im Mittelstreckenlauf". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 1767-1769; 1824-1825.
- Kindermann, W.: "Regeneration und Trainingsprozeß in den Ausdauersportarten aus medizinischer Sicht". *Leistungssport* 8 (1978), 348-357.
- Kindermann, W.: "Grundlagen der aeroben und anaeroben Leistungsdiagnostik". *Schw. Z. Sportmed.* 1 (1984), 69-74.
- Kindermann, W., G. Huber, J. Keul: "Anoxydative Energiebereitstellung beim Laufen und Schwimmen während ein- bis dreiminütiger Belastungsdauer". *Sportarzt u. Sportmed.* 24 (1973), 273-277.
- Kindermann, W., G. Huber, J. Keul: "Laktat-Azidose und Herzfrequenz während und nach verschiedenen Trainingsformen des 400 m Läufers". *Sportwissenschaft* 3 (1973), 342-355.
- Kindermann, W., G. Huber, J. Keul: "Anaerobe Energiebereitstellung und Herzfrequenz während und nach verschiedenen Trainingsmethoden des Mittelstrecklers". *Leistungssport* 5 (1975), 66-70.
- Kindermann, W., D. Försterling, J. Keul: "Anoxydative Energiebereitstellung beim Laufen und Schwimmen in Abhängigkeit vom Geschlecht". *Medizin und Sport* 15 (1975), 353-356.
- Kindermann, W., J. Keul, G. Huber: *Anaerobe Energiebereitstellung im Hochleistungssport*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1977.
- Kindermann, W. y cols.: "Anpassungserscheinungen durch Schul- und Leistungssport im Kindesalter". *Sportwissenschaft* 8 (1978), 222-234.
- Kindermann, W., G. Simon, J. Keul: "Dauertraining – Ermittlung der optimalen Trainingsherzfrequenz und Leistungsfähigkeit". *Leistungssport* 8 (1978), 34-39.
- Kiphard, E.: *Bewegungs- und Koordinationsschwächen im Grundschulalter*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1970.
- Kiphard, E.: "Die Bewegungskoordination und ihre Schulung". En: Koch, K. (ed.). *Motorisches Lernen – Üben – Trainieren*, Hofmann Verlag, Schorndorf, 1972, pp. 151-168.
- Kirchert, C.: "Die Ermittlung der Schreibhand und Probleme der Linkshänderbetreuung". *Motorik* 2 (1979), 50-56; 70-72.
- Kleindienst-Cachay, C.: "Bewegungserziehung als Wahrnehmungserziehung". *Sportunterricht* 31 (1982), 45-56.
- Kleinsorge, H.: "Probleme bei der Anleitung zum Autogenen Training". *Heilkunst* 83 (1970), 12.

- Kleinsorge, H.: *Selbstentspannung. Trainingsheft für das autogene Training*. Fischer Verlag, Stuttgart 1974.
- Kleitke, B.: "Biochemische Adaptation des Herzmuskels". *Medizin und Sport* 17 (1977), 249-254.
- Klimt, F., A. Felkel: "Die körperliche Belastung eines 350 m Hallenlaufes - Radiotelemetrische EKG-Registrierungen bei 8-10jährigen Kindern". *Sportarzt u. Sportmed.* 21 (1970), 14-22.
- Klimt, F., R. Pannier, D. Paufler: "Körperliche Belastung 9-10jähriger Kinder durch einen 200-m-Lauf". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 19 (1971), 31-39.
- Klimt, F. y cols.: "Blutlaktat-Normalwerte im Kindesalter". *Das deutsche Gesundheitswesen* 27 (1972), 1483-1484.
- Klimt, F. y cols.: "Körperliche Belastung 8 - 9jähriger Kinder durch einen 800-m-Lauf". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 21 (1973), 57-70.
- Klimt, F., R. Pannier, D. Paufler: "Ausdauerbelastungen bei Vorschulkindern". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 22 (1974), 7-21.
- Klimt, F., R. Pannier, D. Paufler, G. Tuch: "Wie tolerieren Vorschulkinder ein 'Bergaufgehen' auf dem Laufband". *Sportarzt u. Sportmed.* 26 (1975), 163-169.
- Klimt, F., E. Heyer-Wirths: "Hüft- und Wirbelsäulen-Beweglichkeit im Kindes- und Jugendalter". *Sozialpädiatrie in Praxis u. Klinik* 14 (1992), 531-533.
- Klissouras, V.: "Genetic limit of functional adaptability". *Int. Z. f. angew. Physiol.* 30 (1972), 85 f.
- Klix, F.: *Information und Verhalten*. Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1971.
- Knab, E.: "Regulative Methode Zehnkampf". *Sportpsychologie* 3 (1989), 1, 12-14.
- Knappe, W., E. Mohns, H. Peters: "Untersuchungen zur Entwicklung der sportlichen Leistung im Schulalter" (II). *Theorie und Praxis der Körperkultur* 17 (1968), 633-648.
- Knebel, K. (ed.): *Biomedizin und Training*. Bartels und Wernitz, Berlin - München - Francfort, 1972.
- Knebel, K. (ed.): *Olympische Analysen*. Bartels und Wernitz, Berlin - München - Francfort 1974.
- Knebel, K.-P., B. Herbeck, G. Hamsen: *Fußball-Funktionsgymnastik*. Rowohlt Verlag, Reinbek, 1988.
- Knebel, K.-P., B. Herbeck, S. Schaffner: *Tennis-Funktionsgymnastik*. Rowohlt Verlag, Reinbek, 1988.
- Knocke, H.: *Lehrbuch der Histologie*. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - Nueva York, 1979.
- Knuttgen, H. y cols.: "Physical conditioning through interval training with young male adults". *Med. and Sci. in Sports* 5 (1973), 220-226.
- Kobayashi, K., K. Kitamura, M. Miura, H. Sodeyama, Y. Murase, M. Miyashita, H. Matsui: "Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study". *J. of Appl. Physiol.* 45 (1978), 666-672.
- Kobi, E. E.: *Lernen und Lehren*. 2ª ed. Haupt Verlag, Berna, 1975.
- Koch, G., B. Eriksson: "Effect of physical training on pulmonary Ventilation and gas exchange during submaximal and maximal work in boys aged 11 to 13 years". *Scand J. Clin. Lab. Invest.* (1973), 87-94.
- Koch, K. (ed.): *Motorisches Lernen - Üben - Trainieren*. 2ª ed. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1976.
- Köhler, E.: "Zur Trainierbarkeit von Schülern im Alter von 6 bis 16 Jahren". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 606-608.
- Köhler, H.: "Untersuchungen zu Entwicklungskennlinien der Ausdauer im Schulalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 99-107.
- König, E.: "Leistungsstrukturelle Aspekte und praktische Lösungswege im Krafttraining von Sprintern". *Theorie und Praxis des Leistungssports* 25 (1987), 4, 80-89.
- Kohl, K.: "Allgemeine Theorie des motorischen Lernens". En: Carl, K. (ed.). *Psychologie in Training und Wettkampf*. Bartels & Wernitz, Berlin - München - Francfort, 1973, pp. 47-69.
- Kohl, K.: "Gestalttheorie bei der Behandlung des motorischen Lernens im Gebiet des Sports". En: Guss, K. (ed.). *Gestalttheorie und Fachdidaktik*. Steinkopff Verlag, Darmstadt, 1977, pp. 64-83.
- Kohl, K., A. Krüger: "Psychische Vorgänge bei der Sportmotorik". *Leistungssport* 2 (1972), 123-127.
- Koinzer, K.: "Zur Geschlechtsdifferenzierung konditioneller Fähigkeiten und ihrer organischen Grundlagen bei untrainierten Kindern und Jugendlichen im Schulalter". *Medizin und Sport* 18 (1978), 144-150.
- Koinzer, K.: "Zur Dynamik des herzfrequenzbezogenen Sauerstoffaufnahmevermögens (VO₂ 170) bei Jungen und Mädchen zwischen 10 und 14 Lebensjahren". *Medizin und Sport* 20 (1980), 202-207.
- Koinzer, K., D. Gnüchtel, H. Schinkitz: "Zum Stand und zur Dynamik der Langzeitausdauerfähigkeit von Jungen im 6. Schuljahr in Abhängigkeit vom Schuljahresabschnitt und vom Übungszustand". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 30 (1981), 654-659.
- Koinzer, K., G. Enderlein, G. Herforth: "Untersuchungen zur Abhängigkeit der W₁₇₀ vom Kalenderalter, vom biologischen Entwicklungsstand und vom Übungszustand bei 10- bis 14jährigen Jungen und Mädchen mittels dreifaktorieller Varianzanalyse". *Medizin und Sport* 21 (1981), 201-206.
- Koinzer, K., U. Krüger: "Die Altersspezifik von Anpassungen an physische Belastungen". *Medizin und Sport* 22 (1982), 82-85.

- Koitzsch, J.: "Zur Kennzeichnung leistungsbestimmender Merkmale der Sprintdisziplinen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 21 (1972), 624-632.
- Kokonen, T.: "Implementation of associative memory in adaptive neural network". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlin 1979, pp. 43-53.
- Komadel, L.: "Sportmedizinische Probleme beim Training mit Jugendlichen". *Leistungssport* 5 (1975), 74-82.
- Kometiani, P. A.: "On the mechanisms of the participation of genetic apparatus in the memory phenomena". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlin 1979, pp. 11-18.
- Komi, P. V.: "Faktoren der Muskelkraft und Prinzipien des Krafttrainings". *Leistungssport* 5 (1975), 3-16.
- Komi, P. V.: "Training of muscle strength and power: Interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors". *Int. J. Sports Med.* 7 (1986), Suppl. 1, 10-15.
- Komi, P. V. (ed.): "Kraft und Schnellkraft im Sport". Deutscher Ärzte-Verlag, Colonia 1994.
- Komi, P. V., E. Buskirk: "Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle". *Ergonomics* 15 (1972), 417-434.
- Komi, P. V., J. Viitasalo, R. Rauramaa, V. Vihko: "Effect of isometric strength training on mechanical, electrical, and metabolic aspects of muscle function". *Eur. J. Appl. Physiol.* 40 (1978), 45-55.
- Konzag, G.: "Probleme der Treffsicherheit, des Bewegungstempos, der optischen Ballkontrolle und der Beidseitigkeit im Basketballtraining". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 21 (1972), 36-42.
- Konzag, G.: "Psychologische Probleme des sportlichen Wettkampfes". *Körpererziehung* 26 (1976), 264-273.
- Kornexl, E.: "Reaktionsschnelligkeit und Torwartleistung im Hallenhandball". *Praxis der Leibesübungen* 11 (1970), 223-225; 12 (1971), 11-12.
- Kornhuber, H. H.: "Zur Bedeutung multisensorischer Integration im Nervensystem". *Dt. Z. Nervenheilk.* 187 (1965), 478-484.
- Kornhuber, H. H.: "Neural control of input into long term memory: Limbic System and amnesic syndrome in man". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York - Londres, 1973, pp. 1-22.
- Kornhuber, H. H.: "Motorische Systeme und sensomotorische Integration". En: Stamm, R. A., U. Zeier (eds.). *Lorenz und die Folgen*. Kindler Verlag, Zürich, 1978, pp. 750-762.
- Kornhuber, H. H.: Wahrnehmung und Informationsverarbeitung. En: Stamm, R. A., U. Zeier (eds.). *Lorenz und die Folgen*. Kindler Verlag, Zürich, 1978, pp. 783-798.
- Kos, B.: "Abhängigkeit der Beweglichkeit von der Muskelstärke und -festigkeit". *Acta Univ. Carol. Gymnica Prag* (1970), 1, 121-138.
- Koske, N., F. Klimt: "Die körperliche Beanspruchung bzw. Belastung von Kindern im ersten Schuljahr durch ein Circuittraining". *Dt. Z. Sportmed.* 29 (1978), 223-229; 244-248.
- Kosmin, R., W. Owtschinnikow: "Die Messung der speziellen Ausdauer - Tests für Mittelstreckler". *Die Lehre der Leichtathletik* (1975), 881-883.
- Kovacs, E., J. Szecsenyi: "Passive und aktive Muskelvordehnung in Wurf- und Sprungdisziplinen". *Leistungssport* 5 (1975), 128-136.
- Kowaljow, N. K., L. P. Tolstikowa: "Einige Möglichkeiten zur effektiven Schulung der speziellen Ausdauer von jugendlichen Schwimmern". *Leistungssport* 5 (1975), 283-286.
- Kraeff, T.: "Muskuläre Dysbalance bei Menschen im fortgeschrittenen Alter". *Manuelle Medizin* 21 (1983), 71-73.
- Kraemer, W. J.: "Endocrine responses to resistance exercise". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 20 (1988), suppl., pp. 152-157.
- Kraft, H.: *Autogenes Training, Methodik und Didaktik*. Hippokrates, Stuttgart, 1982.
- Kramer, J.: *Linkshändigkeit - Wesen, Ursachen, Erscheinungsformen*. 2^a ed. Antonius Verlag, Solothurn, 1970.
- Kratzer, H.: "Beherrschungsgrad und Einsatzhäufigkeit psychoregulativer Verfahren im Hochleistungsbereich". *Leistungssport* 22 (1992), 2, 13-17.
- Kraus, H., W. Raab: *Erkrankungen durch Bewegungsmangel*. Barth, München, 1964.
- Kremer, B.: "Sprungkrafttraining - aber wie?" *Volleyballtraining* 16 (1992), 77-79 (Teil I)-, 88-93 (Teil 2).
- Kremer, L.: "Theorien, physiologische Auswirkungen und Anwendung des psychoregulativen und -motorischen Trainings im Sport unter besonderer Berücksichtigung des autogenen und mentalen Trainings". Trabajo para el test de acceso a la enseñanza media. Erlangen, 1985.
- Kretschmer, J.: *Sport und Bewegungsunterricht* 1-4. Urban & Schwarzenberg, München - Berlin - Viena, 1981.
- Krüger, A.: "Die Anwendungsmöglichkeiten des isokinetischen Krafttrainings für die Leichtathletik". *Die Lehre der Leichtathletik* (1972), 558-559.
- Krüger, A.: "Isokinetisches Krafttraining". *Der Deutsche Schwimmsport* 23 (1973), 2^o suplemento: Für die Mappe des Technikers, 2-4.
- Krüger, A.: "20 Jahre isokinetisches Krafttraining". *Leistungssport* 16 (1986), 3, 39-45.

- Krüger, A.: "Anfänge einer Pädagogik des Wettkampfs". *Leistungssport* 24 (1994), 1, 38-42.
- Krüger, U.: "Zur Gültigkeit von Trainingsprinzipien im Massensport". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 37 (1988), 109-113.
- Krueger, W. C. F.: "Further studies in overlearning". *J. of Exp. Psychol.* 13 (1930), 152-163.
- Kruglikov, R. I.: "On the role of biogenic monoamines in the process of consolidation". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlin 1979, pp. 275-277.
- Kuchler, W.: "Skilauf alpin: Vom Gängelband zur Selbsterfahrung". En: Brettschneider, W.-D, (ed.). *Sportunterricht* 5-10, Urban & Schwarzenberg, München – Berlin – Viena, 1981, pp. 159-181.
- Küchler, G.: *Motorik, Steuerung der Muskeltätigkeit und begleitende Anpassungsprozesse*. Fischer Verlag, Stuttgart, 1983.
- Kugler, J.: "Gedächtnis und Gedächtnisleistung neurophysiologisch beurteilt". *Sandorama* (1981), 4, 5-9.
- Kuhlow, A.: "Bewegungsdiagnostische Bestimmung konditioneller und technomotorischer Leistungskomponenten bei Vertretern von Schnellkraftdisziplinen". *Leistungssport* 7 (1977), 405-419.
- Kuhn, S., I. Droste, D. Steinhöfer: "Schnellkraftniveau und Sprintleistung bei Läuferinnen unterschiedlicher Leistungsstärke". *Leistungssport* 15 (1985), 4, 45-50.
- Kuhn, W.: "Eine vergleichende Untersuchung zum psychischen mentalen Aufwärmen". *Leistungssport* 3 (1973), 140-146.
- Kuhn, W.: "Kontralateraler Transfer – Befunde und theoretische Erklärungsansätze". *Sportwissenschaft* 16 (1986), 422-442.
- Kuhn, W.: *Zum Phänomen des kontralateralen Transfers: eine theoretische und experimentelle Studie*. bps-Verlag, Colonia, 1987.
- Kuklinski, B., H. Marek: "Primäre Prävention bei Risikopatienten für chronisch ischämische Herzkrankheiten unter besonderer Berücksichtigung der Hyperlipoproteinämie und deren therapeutischer Beeinflussung". *Medizin und Sport* 18 (1978), 321-326.
- Kuntoff, R., Z. Darwish: "Wie erwärmen wir uns vor dem Wettkampf?" *Der Leichtathlet* 46 (1975), 5, 8.
- Kunz, H.-R., E. Unold: "Muskeleinsatz beim Krafttraining". *Eidgenöss. Turn- u. Sportschule*, Magglingen, 1988.
- Kunze, A.: *Fußball*. Sportverlag, Berlin, 1977.
- Kunze, G.: "Mentales Training - System und Anwendung". En: Ausschluß Deutscher Leibeserzieher (ed.). *Motivation im Sport*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1971.
- Kuppardt, H. y cols.: "Untersuchungen der Kreislauf- und Stoffwechselregulation bei Dauerläufen verschiedener Intensität und Dauer". *Medizin und Sport* 13 (1973), 215-221.
- Kurschilgen, T.: "Zur Schnelligkeit des Nachwuchsspringers". *Leichtathletiktraining* 4 (1993), 5/6, 41-47.
- Kusnecova, S. I.: "Zur Dynamik von körperlicher und sportlicher Leistungsentwicklung im Schulalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), Suplemento 1, 18-21.
- Kusnecova, S. I.: "Die Differenzierung der Körpererziehung und Wege zur Erhöhung des Bewegungsvermögens der Kinder im jüngeren Schulalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), Suplemento 1, 23-26.
- Kusnecova, S. I., V. A. Mjakisev: "Langsame Läufe zur Entwicklung der Ausdauer im Sportunterricht". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 830-831.
- Laage, R. von der: "Die Rekordflut von Peking". *Leichtathletik* (1993), 38, 22-23.
- Laage, R. von der: "Ein Schwein für ein Paar Schuhe. So leben die chinesischen Läuferinnen". *Leichtathletik* (1993), 44, 24-25.
- Laage, R. von der: "Zu Gast bei Chinas Wunderläuferinnen". *Leichtathletik* (1993), 42, 3-5.
- Laage, R. von der: "42 Kilometer sind nichts Besonderes. Ein Besuch in Cheng Gong: So trainieren die chinesischen Läuferinnen". *Leichtathletik* (1993), 43, 4-5.
- Labitzke, H., I. Döscher: "Spiroergometrische Untersuchungen in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Trainingszustand". *Medizin und Sport* 8 (1968), 24-28.
- Labitzke, H., M. Vogt: "Die Anpassungsfähigkeit des kindlichen Organismus an sportliche Belastungen". *Medizin und Sport* 16 (1976), 151-154.
- Lagerström, D., R. Rost, W. Hollmann: "Ein neues Lauftraining für die Prävention und Rehabilitation". *Sportarzt u. Sportmed.* 26 (1975), 169-172.
- Lakitsch, M.: Höhentherapie: Eine Notwendigkeit. *ASKÖ-Sport* 25 (1970), 5.
- Lampl, M., I. D. Veldhuis, M. L. Johnson: "Saltation and stasis: a model of human growth". *Science* 258 (1992), 801-803.
- Lampmann, M. y cols.: "Auch körperliches Training senkt pathologische Blutfettwerte". *Medical Tribune* 35 (1977), 35, Literaturservice, aus: *Circulation* 55 (1977), 652-659.
- Landauer, A. A.: "Bewegungskoordination". En: Stamm, R. A., H. Zeier (eds.). *Lorenz und die Folgen*. Kindler Verlag, Zürich, 1978, pp. 1051-1076.
- Landauer, T. K.: "Two hypotheses concerning the biochemical basis of memory". *Psychol. Rev.* 71 (1964), 167-179.
- Lander, J. E., J. R. Hundley, R. L. Simonton: "The effectiveness of weight-belts during multiple repetitions of the squat exercise". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 24 (1992), 603-609.
- Landgraf, F. K., M. Steinbach: "Beitrag zum Rechts-Links-Problem unter besonderer Berücksichtigung des prävalierten Beines". *Der Sportarzt* 14 (1963), 267-272.

- Lange, H.: "Kinästhetische Forschungsergebnisse und deren sportwissenschaftliche Relevanz". En: Andrecs, H., S. Redl (eds.). *Forschen - Lehren - Handeln*. Osterr. Bundesverlag für Unterricht, Wissenschaft und Kunst, Viena, 1976, pp. 203-217.
- Langhoff, G.: "Elektronisches Wurfkraftmeßgerät". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), 36-40.
- Larsson, L., P. A. Tesch: "Motor unit fiber density in extremely hypertrophied skeletal muscles in man". *Europ. J. Appl. Physiol.* 55 (1986), 130-136.
- Lashley, K. S.: *Brain mechanisms and intelligence*. Dover Publications, Nueva York, 1963.
- Laszlo, J. I.: "Training of fast rapping with reduction of kinesthetic, tactile, visual and auditory sensations". *Quart. J. Exp. Psychol.* 19 (1967), 344-349.
- Laszlo, J. I.: "The role of visual and kinesthetic cues in learning a novel skill". *Austral. J. Psychol.* 20 (1968), 191-196.
- Laucken, U., A. Schick (eds.): *Didaktik der Psychologie*. Klett Verlag, Stuttgart, 1977.
- Lavery, J. J.: "Retention of a skill following training with and without instructions to retain". *Percept. & Motor Skills* 18 (1964), 275-281.
- Lavrienko, A., J. Kravtsev, Z. Petrova: "New approaches to sprint training". *Mod. Athlete & Coach* 28 (1990), 2, 3-5.
- Le Boulch, J.: *L'éducation par le mouvement*. Les Editions ESF, París 1972.
- Le Boulch, J.: *Vers une science du mouvement humain*. Edition ESF, París 1978.
- Le Boulch, J.: *Sport éducatif, Psychocinétique et apprentissage moteur. L'éducation par le mouvement*. Edition ESF, París, 1989.
- Le Conte, J.: "Right-sidedness". *Nature* 29 (1884), 452.
- Lehmann, B.: "Untersuchungen zur Entwicklung der Handlungsschnelligkeit in der Sportart Ringen". Tesis doctoral, Leipzig, 1989.
- Lehmann, C.: "Über die Belastungswirksamkeit stufenförmig gesteigerter standardisierter konditioneller Übungsprogramme". *Medizin und Sport* 16 (1976), 176-180.
- Lehmann, F.: "Zur Bedeutung des arthromuskulären Gleichgewichts". *Leistungssport* 21 (1991), 1, 16-19.
- Lehmann, F.: "Zur Beziehung zwischen Schnelligkeit als neuromuskuläre Leistungsvoraussetzung und maximaler Laufgeschwindigkeit im Sprint-Nachwuchstraining". *Leistungssport* 22 (1992), 4, 12-19.
- Lehmann, F.: "Schnelligkeitstraining im Sprint, Problemanalyse, neueste wissenschaftliche Erkenntnisse, Konsequenzen für das Kinder- und Jugendtraining". *Leichtathletiktraining* 4 (1993), 5/6, 9-16.
- Lehmann, F.: "Sprint-ABC – variantenreich und dennoch monoton?" *Leichtathletiktraining* 3 (1993), 8, 3-8.
- Lehmann, F.: "Das Training zur Entwicklung der Laufschnelligkeit als koordinativ vielfältiges Training". Ponencia en el Simposio de Metodología del Entrenamiento de Stuttgart, 1993.
- Lehmann, G.: "Zu Problemen der Interferenz und der Transferenz im motorischen Lernen". En: Nickel, H. (Red.). *Techniktraining II*, pp. 74-88. Suplemento de *Leistungssport: Informationen zum Training*, 22. Bartels & Wernitz, Berlín, 1980.
- Lehmann, G.: "Das Prinzip der Vielseitigkeit im Nachwuchstraining der Sportart Judo". *Leistungssport* 23 (1993), 2, 39-42.
- Lehmann, G.: "Wettkampf - Wettkampfsystem - Wettkampfvorbereitung im Judo". *Leistungssport* 24 (1994), 1, 20-23.
- Lehmann, M., J. Keul, P. Schmid, W. Kindermann, G. Haber: "Plasmakatecholamine, Glucose, Lactat sowie aerobe und anaerobe Kapazität bei Jugendlichen". *Dt. Z. Sportmed.* 31 (1980), 287-295.
- Lehmann, M., J. Keul, M. da Prada, W. Kindermann: "Plasmakatecholamine, Glukose, Lactat und Sauerstoffaufnahme-fähigkeit von Kindern bei aeroben und anaeroben Belastungen". *Dt. Z. Sportmed.* 31 (1980), 230-236.
- Lehnert, A.: "Die unmittelbare Vorbereitung auf entscheidende Wettkämpfe". *Leistungssport* 24 (1994), 1, 10-15.
- Lehnertz, K.: "Molekularmechanische Grundlagen der Muskelkraft bei Schlagbewegungen". *Leistungssport* 14 (1984), 5, 27-34.
- Lehnertz, K.: "Was Proteinfedern und Doppelköpfchen für die Muskelkraft leisten. Ein physikalisch orientiertes Muskelmodell". *Prisma* 32 (1984), 52-55.
- Lehnertz, K.: "Blutlaktat und Trainingssteuerung im schnell-koordinativen Bereich". *Leistungssport* 15 (1985), 1, 29-33.
- Lehnertz, K., D. Martin: "Probleme der Schwellenkonzepte bei der Trainingssteuerung im Ausdauerbereich". *Leistungssport* 5 (1988), 5-11.
- Leierer, S.: "A guide sprint training". *Athletic J.* (1979), 6, 105-106.
- Leighton, J. R. y cols.: "A study of effectiveness of ten different methods of progressive resistance exercise on the development of strength, flexibility, girth and body weight". *J. of the Assoc. for Phys. and Ment. Rehab.* 21 (1967), 79 s.
- Leirich, J.: "Bewegungsvorstellungen und motorischer Lernprozeß". *Körpererziehung* 23 (1973), 1, 13-27.
- Leiser-Eggert, A.: "Methodische und statistische Untersuchungen zum Problem der Lateralisation". *Z. f. Exp. u. Angew. Psychol.* 2 (1954), 239-267.
- Leist, K.-H.: "Sensomotorisches oder funktionelles Lernen?" *Sportwissenschaft* 7 (1977), 209-229.
- Leist, K.-H.: *Transfer im Sport, Zur Analyse von Bewegungshandeln und -lernen sowie zur Konstruktion von Lernangeboten*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1978.

- Leist, K.-H.: "Zur Wirksamkeit kognitiver Bewegungsrepräsentation im Prozeß der Aneignung neuen Könnens". En: Bäumler, G. y cols. (eds.). *Aktuelle Probleme der Sportpsychologie*. Hofmann Verlag, Schorndorf 1979, pp. 131-142.
- Leist, K.-H.: "Motorisches Lernen im Sport". En: Thomas, A. (ed.). *Sportpsychologie. Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen*. Urban & Schwarzenberg, München – Berlin – Viena, 1982, pp. 71-90.
- Lemme, B., R. Weddig: *Unterrichtseinheiten zur Bewegungslehre*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1981.
- Lemon, P. W. R., F. J. Nagle: "Effects of exercise on protein and aminoacid metabolism". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 13 (1981), 141-149.
- Lempp, R.: "Die Entwicklung der Psychomotorik". *Sportwissenschaft* 9 (1979), 360-369.
- Lennartz, K., E. Pohl: "Ergebnisse einer sportmedizinischen Untersuchung bei 8- und 9jährigen ausdauertrainierten Jungen". *Leistungssport* 7 (1977), 242-243.
- Leontjew, A. N.: *Probleme der Entwicklung des Psychischen*. Athenäum-Fischer, Francfort, 1973.
- Lesmes, G. y cols.: "Metabolic responses of females to high intensity interval training of different frequencies". *Med. and Sci. in Sports* 10 (1978), 229-232.
- Letunow, S. P. y cols.: "Die Stabilität gegen Hypoxie als Merkmal der speziellen Ausdauer bei jugendlichen Läufern", *Leistungssport* 4 (1974), 176-180.
- Letzelter, M.: "Der Einfluß biomechanischer Bewegungsanalysen auf die Trainingsmethodik des 100-m-Sprints". *Leistungssport* 2 (1972), 54-61.
- Letzelter, M.: "Systematische Aufgliederungen des Krafttrainings". *Die Lehre der Leichtathletik* (1972), 1821-1824.
- Letzelter, M.: *Trainingsgrundlagen, Training, Technik, Taktik*. Rowohlt Verlag, Reinbek bei Hamburg, 1978.
- Letzelter, M. y cols.: "Schrittgestaltung im 100-m-Lauf der Männer und Frauen bei den Olympischen Spielen 1976". *Leistungssport* 9 (1979), 296-304.
- Letzelter, M.: "Wettkampferhalten und Sprinttraining: Zur Diagnose des Tempoverhaltens von Weltklassesprintern". *Die Lehre der Leichtathletik* (1989), 333-337.
- Letzelter, M., G. Faubel: "Der Einfluß ausgewählter Krafteigenschaften auf die Sprintleistung". *Leistungssport* 3 (1973), 424-430.
- Letzelter, H., M. Letzelter: "Krafteigenschaften, Sprintleistung und Schrittgestaltung im Grundschulalter". *Sportwissenschaft* 8 (1978), 271-282.
- Letzelter, H., M. Letzelter: "Schnelligkeit als Trainingsziel". *Sportpraxis in Schule und Verein* 23 (1982), 103-105.
- Letzelter, H., M. Letzelter: *Krafttraining*. Rowohlt Verlag, Reinbeck 1986.
- Levchenko, A. V.: "Execution of high strength load volumes by sprinters". *Soviet Sports Rev*, 20 (1985), 124-126.
- Levy, J.: "Das Gehirn hat keine bessere Hälfte". *Psychologie heute* 13 (1986), 32-37.
- Levy, J., T. Nagylaki: "A model for the genetics of handedness". *Genetics* 72 (1972), 117-128.
- Liebold, F., L. Schönherr, D. Lohmann: "Körperliche Aktivität und koronare Risikofaktoren von Herzinfarktpatienten nach gezielter Rehabilitation". *Medizin und Sport* 19 (1979), 151-153.
- Liesen, H.: "Schnelligkeitsausdauertraining im Fußball aus sportmedizinischer Sicht". *Fußballtraining* 1 (1983), 5, 27-31 y volumen mixto 1 (1983), 22-26.
- Liesen, H.: "Training konditioneller Fähigkeiten in der Vorbereitungsperiode". *Fußballtraining* 1 (1983), 3, 11-14.
- Liesen, H.: "Klimatische Anforderungen bei der Fußball-WM in Mexiko". *MTV Ärzte Magazin* 13 (1986), 21.
- Liesen, H. (Entrevista): "Die internistische Betreuung des Fußballspielers". *Dt. Z. Sportmed.* 41 (1990), 370-377.
- Liesen, L., W. Hollmann: "Der Einfluß eines zweiwöchigen Höhentrainings auf die Leistungsfähigkeit im Flachland, gemessen an spiroergometrischen und metabolischen Parametern". *Sportarzt u. Sportmed.* 23 (1972), 157-161.
- Liesen, H., B. Dufaux, W. Hollmann: "Modification of serum glycoproteins the days following a prolonged physical exercise and the influence of physical training". *Eur. J. Appl. Physiol.* 37 (1977), 243-254.
- Liesen, H., E. Ludemann, D. Schmengler, R. Föhrenbach, A. Mader: "Trainingssteuerung im Hochleistungssport: einige Aspekte und Beispiele". *Dt. Z. Sportmed.* 36 (1985), 8-18.
- Liesen, H., K. Kleiter, S. Mücke, U. Order, W. Widenmayer, H. Riedel: "Leukozyten und Lymphozytensubpopulationen bei den Spielern der Feldhockeynationalmannschaft während der Olympiavorbereitung 1988". *Dt. Z. Sportmed.* 40 (1989), número extraordinario, 41-52.
- Liesen, H., H. Riedel, U. Order, S. Mücke, W. Widenmayer: "Zelluläre Immunität bei Hochleistungssportlern". *Dt. Z. Sportmed.* 40 (1989), número extraordinario, 4-14.
- Lindemann, H.: *Überleben im Streß - Autogenes Training*. Bertelsmann Ratgeberverlag, München, 1974.
- Lindquist, V., R. Spangler, S. Blount: "A comparison between the effects of dynamic and isometric exercise as evaluated by the systolic time, intervals in normal man". *Amer. Heart. J.* (1973), 227-236.
- Loehr, J. E.: *Persönliche Bestform durch Mentaltraining für Sport, Beruf und Ausbildung*. BLV Verlagsges., München – Viena – Zürich, 1988.
- Lössner, B. y cols.: "The incorporation of leucine into protein of different rat brain structures during acquisition and consoli-

- dation of a 'brightness discrimination". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlin 1979, pp. 125-130.
- Lomejko, V. F., I. G. Baranov: "Zur Wechselbeziehung zwischen Kraft und Schnelligkeit beim Absprung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 17 (1968), 701-707.
- Lopez, V.: "An approach to strength training for Sprinters". *Track Technique* 115 (1991), 3668-3685.
- Lorenz, R. y cols.: "Einfluß der Intensität von Ausdauerbelastungen auf das Verhalten des Serumglycerins". *Medizin und Sport* 13 (1973), 165-170.
- Lucas, R. C., R. Koslow: "Comparative study of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques of flexibility", *Perceptual and Motor Skills* 58 (1984), 615-618.
- Luck, P. y cols.: "Sekundärprävention nach Herzinfarkt". *Medizin und Sport* 19 (1979), 146-148.
- Ludwig, G.: "Koordinativ-motorische Vervollkommnung im Sportunterricht der Unterstufe". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), Suplemento 1, 58-60.
- Ludwig, G., P. Hirtz: "Zur koordinativ-motorischen Vervollkommnung in den Klassen 2 bis 4". *Körpererziehung* 6 (1981), 262-265.
- Lullies, H.: "Erregung und Erregungsleitung: Nervenphysiologie". En: Keidel, W. (ed.). *Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie*. 3ª ed. Thieme, Stuttgart, 1973.
- Luthmann, H., H.-D. Antretter: "'Knüppeln' bis zum Umfallen?" *Fußballtraining* 5 (1987), 4, 3-13 (1ª serie); 8, 11-25 (2ª serie); 9, 3-8 (3ª serie); 10, 35-41 (4ª serie).
- Lychatz, S.: "Tendenzen der trainingsmethodischen Entwicklung in den Ausdauersportarten im Olympiazzyklus 1985 bis 1988". *Leistungssport* 19 (1989), 5, 38-43 (1ª parte); 6, 41-46 (2ª parte); 20 (1990), 1, 45-47 (3ª parte).
- Macdonald, I. A., S. A. Wootton, B. Munoz, P. H. Fentem, C. Williams: "Catecholamine response to maximal anaerobic exercise". En: Knuttgen, H. G. y cols. (eds.). *Biochemistry of exercise*. Human Kinetics Publ., Champaign, Ill., 1983, pp. 749-754.
- MacDougall, J. D. y cols.: "Muscle ultrastructural characteristics of elite powerlifters and bodybuilders". *Eur. J. Appl. Physiol.* 48 (1982), 117-126.
- MacDougall, J. D. y cols.: "Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects". *J. of Appl. Physiol.* 57 (1984), 1399-1403.
- MacDougall, J. D.: "Adaptability of muscle to strength training: a cellular approach". En: Saltin, B. (ed.). *Biochemistry of exercise*. VI. Human Kinetics Publ., Champaign, Ill., 1986, pp. 501-513.
- Mackay, W. A., J. T. Murphy: "Cerebellar influence on proprioceptive control loops". En: Massion, J., K. Sasaki (eds.). *Cerebro-cerebellar interactions*. North-Holland Biomedical Press, Amsterdam - Nueva York - Oxford, 1979.
- MacKinnon, L. T., T. B. Tomasi: "Immunology of exercise". *Ann. Sports Med.* 1 (1986), 1-4.
- Madding, S. W., J. G. Wong, A. Hallum, J. M. Medeiros: "Effect of duration of passive stretch on hip abduction range of motion". *J. Orthop. and Sports phys. Therapy* 8 (1987), 409-416.
- Moder, A., H. Liesen, H. Heck, H. Philippi, R. Rost, P. Schürch, W. Hollmann: "Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor". *Sportarzt u. Sportmed.* 27 (1976), 80-88; 109-112.
- Moder, A., H. Heck, R. Föhrenbach, W. Hollmann: "Das statische und dynamische Verhalten des Laktats und des Säure-Basen-Status im Bereich niedriger bis maximaler Azidosen bei 400- und 800-m-Läufern bei beiden Geschlechtern nach Belastungsabbruch". *Dt. Z. Sportmed.* 30 (1979), 203-211; 249-261.
- Mader, A., H. Heck, H. Liesen, W. Hollmann: "Simulative Berechnungen der dynamischen Änderungen von Phosphorylierungspotential, Laktatbildung und Laktatverteilung beim Sprint". *Dt. Z. Sportmed.* 34 (1983), 14-22.
- Maehl, O.: *Beweglichkeitstraining*. Czwalina, Ahrensburg, 1986.
- Magazanik, A. et al.: "Enzyme blood levels and water balance during a marathon race". *J. of Appl. Physiol.* (1974), 214 f.
- Mahlo, F.: "Theoretische Probleme der taktischen Ausbildung in den Sportspielen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 14 (1965), 809-826 (I); 970-979 (II); 1075-1078 (III).
- Mallow, J.: "Grundlagentraining". *Leichtathletiktraining* 1 (1990), 1, 13-20.
- Marchetti, M. y cols.: "Can evoked phonomyography be used to recognize fast and slow muscle in man?" *Int. J. Sports Med.* 13 (1992), 65-68.
- Marées, H. de: *Sportphysiologie*. 3ª ed. Tropon, Colonia-Mühlheim, 1981.
- Marees, H. de, R. Heyer, W. Köhler: "Der Einfluß von Ausdauerbelastungen auf die Kreislaufperipherie bei 10jährigen Jungen". *Sportarzt u. Sportmed.* 26 (1975), 71-76.
- Margarita, R., P. Aghemo, F. Pinera Limas: "A simple relation between performance in running and maximal aerobic power". *J. of Appl. Physiol.* (1975), 251-252.
- Marhold, G.: "Biomechanische Merkmale der Entwicklung sportlicher Techniken". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 691-697.
- Mark, R. F., J. M. Coquery, J. Paillard: "Autogenetic reflex effects of slow or steady stretch of the calf muscles in man". *Experiment. Brain Res.* 6 (1968), 130-145.

- Markasjan, A., A. Wasjutina: "Die Entwicklung der Bewegungen bei Kindern". *Wiss. Z. der Humboldt-Univ, Berlin, math.-naturwiss, Reihe 14* (1965), 329-332.
- Markuske, H.: "Die Bedeutung des Sports im Kindesalter". *Materia Medica Nordmark* 12 (1960), 346.
- Maron, M., S. M. Horvath, J. E. Wilkerson: "Blood biochemical alterations during recovery from competitive marathon running". *Europ. J. Appl. Physiol.* 36 (1977), 231-238.
- Marschner, P.: "Sportmedizinische und methodische Probleme bei der Gestaltung der Körpererziehung und des außerunterrichtlichen Sports der Kinder". *Medizin und Sport* 16 (1976), 158-163.
- Martens, R., R. S. Vealey, D. Burton: "Competitive anxiety in Sport". Human Kinetics Publ., Champaign, Ill., 1990.
- Martin, D.: "Das Kombinationstraining im Schüler- und Jugendbereich – Systematisierung des Trainingsprozesses". *Leistungssport* 7 (1977), 493-498.
- Martin, D.: *Grundlagen der Trainingslehre*. I y II. 2ª ed. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1979 y 1982.
- Martin, D.: "Konzeption eines Modells für das Kinder- und Jugendtraining". *Leistungssport* 11 (1981), 165-176.
- Martin, D.: "Probleme und Fragestellungen der Trainingssteuerung bei der Ausdauerentwicklung". *Leistungssport* 15 (1985), 1, 7-12.
- Martin, D.: "Ermüdung als Steuergröße im Training". *Sportwissenschaft* 17 (1987), 378-393.
- Martin, D.: *Training im Kindes- und Jugendalter*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1988.
- Martin, D.: "Zum Belastungsproblem im Kinder- und Jugendtraining unter besonderer Berücksichtigung von Vielseitigkeit oder Frühspezialisierung". *Leistungssport* 21 (1991), 5, 5-8.
- Martin, D., K. Carl, K. Lehnertz: *Handbuch Trainingslehre*. Hofmann Verlag, Schorndorf 1991. Existe traducción castellana: *Manual de metodología del entrenamiento deportivo*. Paidotribo, Barcelona, 2001.
- Martin, D. E., M. Borra: "Was ist Beweglichkeit?" *Die Lehre der Leichtathletik* (1983), 1211-1218.
- Martin, M.: "Experimentelle Untersuchungen über physiologische Begleitprozesse bei mentalem Training". Trabajo de diplomatura de la Facultad de Psicología, Múnich, 1965.
- Massey, B., W. Johnson, G. Kramer: "Effect of warm-up exercise upon muscular performance using hypnosis to control the psychological variable". *Res. Quart.* 32 (1961), 63-71.
- Mattausch, D., W. Pietsch, M. Vogt: "Zur Gestaltung des Trainings mit Kindern des frühen Schulalters". *Medizin und Sport* 16 (1976), 185-189.
- Matthies, H.: "Biochemical regulation of synaptic connectivity". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York – Londres, 1973, pp. 531 ss.
- Matthies, H.: "Biochemical, electrophysiological and morphological correlates of brightness discrimination in rats". En: Brauer, M. A. B. (ed.). *Brain mechanisms in memory and learning: from the single neuron to man*. Raven Press, Nueva York 1979.
- Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.): *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlín, 1979.
- Matwejew, L. P.: "Moderne Verfahren zum Aufbau von Makrozyklen des Trainings". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 21 (1972), 446-457.
- Matwejew, L. P.: Periodisierung des sportlichen Trainings. Bartels & Wernitz, Berlín – Múnich – Francfort, 1972.
- Matwejew, L. P.: "Die Periodisierung des sportlichen Trainings". *Leistungssport* 2 (1972), 401-409.
- Matwejew, L. P.: "Über die quantitativen Charakteristika der sportlichen Form und den Trainingsaufbau in der Wettkampfperiode". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 591-596.
- Matwejew, L. P.: *Grundlagen des sportlichen Trainings*. Sportverlag, Berlín, 1981.
- Matwejew, L. P., W. Kolokolowa: *Allgemeine Grundlagen der Körpererziehung*. Sportverlag, Berlín 1962.
- Mattausch, W.: "Zu einigen Problemen der begrifflichen Fixierung der konditionellen und koordinativen Fähigkeiten". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 22 (1973), 849-856.
- Matzdorff, F.: *Herzinfarkt, Prävention und Rehabilitation*. Urban & Schwarzenberg, Múnich – Berlín – Viena, 1975.
- Mauersberger, R., S. Jahne-Liersch, F. Klimt: "Untersuchungen über Herzzeitwerte bei trainierenden und nicht trainierenden Kindern". *Medizin und Sport* 13 (1973), 48-53.
- McCloskey, D. J.: "Kinaesthetic sensations and motor commands in man". En: Desmedt, J. E. (ed.). *Spinal and supraspinal mechanisms of voluntary motor control and locomotion*. Karger, Basilea, 1980.
- McConnell, J. V., D. H. Malin: "Recent experiments in memory transfer". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York – Londres, 1973, pp. 343-362.
- McDonagh, M. J. N., C. M. Hayward, T. T. M. Davies: "Isometric training in human elbow flexor muscles". *J. Bone Jt. Surg.* 65 (1983), 355-358.
- McDonagh, M. J. N., C. T. M. Davies: "Adaptative response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads". *Europ. J. Appl. Physiol.* 52 (1984), 139-155.
- McFarlane, B.: "The chemistry for an even-paced 800 m". *Track Technique* (1972), 1550-1553.

- McGraw, M. B., B. Myrtle: *Growth. A study of Jonny and Jimmy*. Nueva York, 1935.
- McGuigan, F. J.: "The effect of precision, delay and knowledge of results on performance". *J. of experiment. Psychol.* 58 (1959), 79-84.
- McNaught, A. B., R. Callander: *Illustrated physiology*. 3ª ed. Livingstone Ltd., Edinburgo, 1975.
- Medler, M.: "Sport und Bewegung – dargestellt am Beispiel des Volleyballspiels". *Lehrhilfen für den Sportunterricht* (1982), 1-12.
- Medler, M.: *Leichtathletik – Spiel- und Wettspielformen*. Medler, Neumünster, 1986.
- Medler, M.: "Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen im Fußball". *Fußballtraining* 8 (1990), 5/6, 27-28; 43-49 (parte 1); 12, 9-17 (parte 2).
- Medler, M.: "Sprintsple mit Fahrradreifen". *Leichtathletiktraining* 4 (1993), 5/6, 48-50.
- Medler, M., K. Schmidt-Walther: "Empirische Untersuchung zum Zusammenhang von mentaler Trainingsleistungsfähigkeiten und dem Alter". *Die Leibeserziehung* 21 (1972), 420-423.
- Meerson, F. S.: "Mechanismus der Adaptation". *Wissenschaft in der UdSSR* 7 (1973), 425 s.
- Meinel, K., G. Schnabel y cols.: *Bewegungslehre*. Volk und Wissen, Berlín, 1976.
- Meinel, K., G. Schnabel y cols.: *Bewegungslehre – Sportmotorik*. 8ª ed. Volk und Wissen, Berlín, 1987.
- Meller, W., H. Mellerowicz: "Vergleichende Untersuchungen über Dauertraining mit verschiedener Häufigkeit, aber gleicher Arbeit und Leistung an eineiigen Zwillingen". *Sportarzt u. Sportmed.* 12 (1968), 520-523.
- Meller, W., H. Mellerowicz: "Vergleichende Untersuchungen über Dauertraining mit gleicher Arbeit, aber unterschiedlicher Leistung an eineiigen Zwillingen". *Sportarzt u. Sportmed.* 21 (1970), 1-4.
- Meller, W., H. Mellerowicz, E. Lübs, C. Kieper: "Vergleichende Untersuchungen über Wirkungen von Kurz- und Langausdauertraining in der Höhe an eineiigen Zwillingen". *Sportarzt u. Sportmed.* 27 (1976), 232-241.
- Mellerowicz, H.: "Leistungsentwicklung im Jugendalter, en": *Leistungsaufbau aus sportpädagogischer und sportmedizinischer Sicht*. Perimed, Erlangen, 1971, pp. 38-51.
- Mellerowicz, H.: "Grundlagen von Training und Leistungssteigerung". *Sportarzt u. Sportmed.* 23 (1972), 124-129.
- Mellerowicz, H., W. Meller, J. Wowerier, J. Zerdick, O. Ketushin, B. Kral, W. Heepe: "Vergleichende Untersuchungen über Wirkungen von Höhenttraining auf die Dauerleistung im Tiefland". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 19 (1971), 9-16.
- Mellerowicz, H., W. Meller: *Training*. Springer Verlag, Berlín – Heidelberg – Nueva York, 1972.
- Mellerowicz, H., I.-W. Franz (eds.): *Training als Mittel der präventiven Medizin*. 2ª ed. Perimed, Erlangen, 1981.
- Melnick, M. J.: "Effects of overlearning on the retention of a gross motor skill". *Res. Quart.* 42 (1971), 60-69.
- Mensing, E.: "Tennis - einseitig? – Morphologische Untersuchungen über Tennisspieler". Sport- u. Musikverlag R. Mensing, Freising, 1991.
- Minarovjech, V., A. Werner, A. Kunze, H. Studener: "Biotelemetrische Pulsfrequenzbeobachtungen an Fußballspielern bei Training und Wettkampf". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 3 (1969), 229-235.
- Mocker, K.: "Aspekte der Talentförderung in der DDR". En: Marées, H. de. (ed.). *Die Talentproblematik im Sport*. DVS, Clausthal-Zellerfeld, 1988, pp. 61-90.
- Möckel, W., C.-H. Heemsoth, A. Hotz: "Zur Wahrnehmung von Körperbewegungen im Sport: Blickverhalten in Abhängigkeit vom Wissen über den Bewegungsablauf". *Sportwissenschaft* 15 (1984), 283-292.
- Monkiewicz, M., J. Kosendiak: "Standardisierte Belastungsprobe zur Einschätzung der Anpassungsrichtung im Trainingszyklus junger Leichtathleten". *Leistungssport* 4 (1989), 44-46.
- Moore, M. A., R. S. Hutton: "Electromyographic investigation of muscle stretching techniques". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 12 (1980), 322-329.
- Morgan, D. W. y cols.: "Variability in running economy and mechanics among trained male runners". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 23 (1991), 378-383.
- Morgan, M. J., M. C. Corballis: "On the biological basis of human laterality". The mechanism of inheritance, *Behav. and Brain Sci.* 2 (1978), 270-277.
- Moritani, T., H. A. DeVries: "Neural factors vs hypertrophy in time course of muscle strength gain". *Am. J. Phys. Med.* 58 (1979), 115-130.
- Morrow, J. R. jr., W. W. Hosler: "Strength comparisons in untrained men and trained women athletes". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 13 (1981), 194-197.
- Morschner, E.: "Wirbelsäule und Sport bei Jugendlichen". *Jugend und Sport* 27 (1970), 203-205.
- Morscher, E.: "Pubertät und Leistungssport". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 23 (1975), 7-17.
- Motyljanskaja, R. E.: "Sportmedizinische Aspekte im Kinder- und Jugendsport". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 269-272.
- Mühle, G.: "Definitions- und Methodenprobleme der Begabtenforschung". En: Roth, H. (ed.). *Begabung und Lernen*. Klett, Stuttgart, 1971, 7ª ed., pp. 69-97.

- Mühlen, H. von der: "Autogenes Training - Methodik, Anwendung und Erfahrungen im Sport". *Sportarzt u. Sportmed.* 25 (1974), 27-30; 57-61.
- Mueller, B., H. Hähnel: "Osteochondropathien bei kindlichen und jugendlichen Turnern". *Medizin und Sport* 16 (1976), 325-332.
- Mero, A. y cols.: "Relationships between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of Sprinters". *Scand. J. Sports Sci.* 3 (1981), 16-22.
- Merz, F.: Entradas tituladas "fraktioniertes Lernen", "globales Lernen", "massiertes Lernen", "verteiltetes Lernen". En: Arnold, W., H.-J. Eysenck, R. Meili (eds.). *Lexikon der Psychologie*. Herder, Freiburg 1971, tomo 2, pp. 431-434; 440.
- Mester, J., H. de Marées: "Zu ideomotorischen Phänomenen in standardisierten Lernsituationen beim alpinen Skilauf". En: Nowacki, P. E., D. Böhmer (eds.). *Sportmedizin, Aufgaben und Bedeutung für die Menschen in unserer Zeit*. Thieme Verlag, Stuttgart - Nueva York, 1980, pp. 172-176.
- Metze, R., P. Linke, E. Mantel: "Der Katecholaminumsatz bei trainierten und untrainierten Jugendlichen und Erwachsenen". *Medizin und Sport* 11 (1971), 327-331.
- Meyer, S., E. Narveleit: "Zum Verhalten von Zeitprogrammen bei Ausdaueranforderungen". Trabajo de diplomatura, DHfK, Leipzig, 1986.
- Michailov, V.: "Die Effektivität des Tempowechsels beim leichtathletischen Lauf auf Wettkampfstrecken". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 21 (1972), 1013-1017.
- Michailov, V.: "Die Mobilisierung der anaeroben Energiebereitstellung von Sportlern bei Muskelarbeit unter unterschiedlichen Bedingungen". *Medizin und Sport* 13 (1973), 369-373.
- Mikesky, A. E. y cols.: "Changes in muscle fiber size and composition in response to heavy-resistance exercise". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 23 (1991), 1042-1049.
- Miller, C., C. Thépaut-Mathieu: "Strength training by electrostimulation conditions for efficacy". *Int. J. Sports Med.* 14 (1993), 20-28.
- Miller, G. A., E. Galaner, K. H. Pribram: *Strategien des Handelns, Pläne und Strukturen des Verhaltens*. Klett Verlag, Stuttgart, 1973.
- Mishkin, M., T. Appenzeller: "Die Anatomie des Gedächtnisses". *Spektrum d. Wiss.* (1987), 8, 94-104.
- Misner, J. E. y cols.: "Cardiovascular response to sustained maximal voluntary static muscle contraction". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 22 (1990), 194-199.
- Mitterbauer, G.: "Mentales Training im alpinen Schirennlauf". En: Andrecs, H., S. Redl (eds.). *Forschen, Lehren, Handeln*. Österr. Bundesverlag für Unterricht, Wissenschaft und Kunst, Viena 1976, pp. 458-469.
- Müller, C.: "Theoretischer Ansatz zur Systematisierung der allgemeinen Prinzipien im sportlichen Training". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 37 (1988), 101-109.
- Müller, E.: "Physiologische Wege zur Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit". *Sportarzt u. Sportmed.* 5 (1965), 351-358.
- Müller, E.: "Sportmotorisches Anforderungsprofil und Grundlagen der langfristigen Trainingsplanung". Ponencia en el Congreso Internacional de Entrenadores de la Federación Suiza de Tennis el 7/5/1991 en Magglingen.
- Müller, E., W. Nachbauer: "Zur Anpassung der menschlichen Motorik an unterschiedliche Meereshöhen". *Spectrum der Sportwiss.* 1 (1989), 2, 37-71.
- Müller, E. A.: The regulation of the muscular strength. *J. of the Assoc. for Physical and Mental Rehabil.* II (1957), 41-47.
- Müller, H.: "Laufwege planen und finden - Orientierungslauf in der Schule". *Sportpädagogik* 4 (1980), 3, 22-26.
- Müller-Calgan, H., E. Schoscher: "The significance of exogenous and endogenous factors in the hereditary differences in learning ability of rats". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York - Londres, 1973, pp. 65 ss.
- Müller-Limmroth, W.: "Neurophysiologische Aspekte des Sports". *Fortschr. Med.* 90 (1972), 24.
- Munn, N. L.: "Bilateral transfer of learning". *J. of Experiment. Psychol.* 15 (1932), 343-353.
- Munscheck, H.: "Der akute Sporttod in der Bundesrepublik Deutschland, Eine statistische Auswertung pathol.-anatom. Befunde der Jahre 1966/1972". *Sportarzt u. Sportmed.* 25 (1974), 95-101.
- Munscheck, H.: "Ursachen des akuten Todes beim Sport in der Bundesrepublik Deutschland". *Sportarzt u. Sportmed.* 28 (1977), 133-137.
- Murase, Y., K. Kobayashi, S. Kamai, H. Matsui: "Longitudinal study of aerobic power in superior junior athletes". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 13 (1981), 180-184.
- Murawow, I.: "Aktive Erholung". En: Smirnov, K. M. (ed.). *Sportphysiologie*. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, 1974, cap. 21, pp. 357-365.
- Murphy, D. R.: "A critical look at static stretching: Are we doing our patients harm?" *Chiropractic Sports Med.* 5 (1991), 67-70.
- Muster, M.: *Tischtennis - Lernen und Trainieren*. Limpert Verlag, Bad Homburg, 1986.
- Nabatnikowa, M. J.: *Ausdauerentwicklung*. Sportverlag, Berlin, 1974.
- Nabatnikowa, M. J.: *Die spezielle Ausdauer des Sportlers*. Bartels & Wernitz, Berlin - München - Frankfurt, 1974.

- Nadori, L.: "Probleme der Ausdauerentwicklung bei Schülern". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), Suplemento 1, 66-68.
- Nadori, L.: "Analyse der Ausdauer bei 4- bis 12jährigen Kindern". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), Suplemento 1, 61-63.
- Nagel, D., D. Seiler, H. Franz: "Biochemical, hematological and endocrinological parameters during repeated intense short-term running in comparison to ultra-long-distance running". *Int. J. Sports Med.* 13 (1992), 337-343.
- Nagel, S.: "Die Bedeutung symmetrischer Ausbildung für den Sportunterricht". *Sportunterricht* 32 (1983), 5-12.
- Nagle, F y cols.: "Lactic acid accumulation during running at submaximal aerobic demands". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 2 (1970), 182-186.
- Nagle, F, R. Pellegrino: "Changes in maximal oxygen uptake in High School runners over a competitive track season". *Res. Quart.* 42 (1971), 456-459.
- Nagy, G.: "Zum Zusammenhang zwischen Übung und Transfer beim motorischen Lernen". *Sportwissenschaft* 2 (1972), 423-428.
- Narikaschwili, S. P.: Das Problem der aktiven Ruhe. *Theorie und Praxis der Körperkultur* 2 (1953), 11, 52-67.
- Nattie, E., D. Bartlett, K. Johnson: "Pulmonary hypertension and right ventricular hypertrophy caused by intermittent hypoxia and hypercapnia in the rat". *Am. Rev. Resp. Dis.* 118 (1978), 653-658.
- Nauta, W. J. H., M. Freitag: "Die Architektur des Gehirns". En: *Gehirn und Nervensystem. Spektrum-der-Wissenschaft-Verl.Ges., Heidelberg* 1987, 8ª ed., pp. 88-98.
- Neisser, U.: *Kognitive Psychologie*. Klett Verlag, Stuttgart, 1974.
- Nett, T.: "Lydiard über das Lauftraining der Jugend". *Die Lehre der Leichtathletik* (1966), 138.
- Nett, T.: *Der Sprint*. Bartels & Wernitz, München – Berlin – Frankfurt, 1969.
- Neuhäuser, G.: "Dem Kind freie Hand lassen?" *Motorik* 2 (1979), 32-33.
- Neumaier, A.: "Untersuchung zur Funktion des Blickverhaltens bei visuellen Wahrnehmungsprozessen im Sport". *Sportwissenschaft* 12 (1982), 78-91.
- Neumeier, A., G. D. Klein: "Grundlagen der Schnelligkeit und des Schnelligkeitstrainings". *Handballtraining* 13 (1991), 7, 3-11.
- Neumann, G.: "Sportmedizinische Position zu Leistungsreserven in den Ausdauersportarten". *Theor. u. Prax. Leistungssport* 26 (1988), 5/6, 138-146.
- Neumann, G.: "Organismische Anpassungsgrenze erreicht?". *TW Sport + Med.* 3 (1991), 46-52.
- Neumann, G.: "Zum zeitlichen Ablauf der Anpassung beim Ausdauertraining". *Leistungssport* 23 (1993), 5, 9-14.
- Neumann, G.: "Sportmedizinische Standpunkte zur Wettkampfvorbereitung in Ausdauersportarten". *Leistungssport* 24 (1994), 1, 49-52.
- Neumann, G., L. Beyer: "Biologische Anpassungen in ausgewählten Organsystemen bei erwachsenen Sporttreibenden". *Medizin und Sport* 21 (1981), 296-302.
- Neumann, G., H. Buhl: "Biologische Leistungsvoraussetzungen und trainingsphysiologische Aspekte bei trainierenden Frauen". *Medizin und Sport* 21 (1981), 154-160.
- Neumann, G., A. Berbalk: "Umstellung und Anpassung des Organismus – grundlegende Voraussetzungen der sportlichen Leistungsfähigkeit". En: Bernett, P., D. Jeschke (eds.). *Sport und Medizin, Pro und Kontra*. Zuckschwerdt, München – Berna – Viena – San Francisco, 1991, pp. 415-419.
- Neumann, G., A. Pfützner, K. Hottenrott: *Alles unter Kontrolle. Ausdauertraining*. Meyer & Meyer, Aquisgrán, 1993.
- Neumann, O.: *Die sportliche Leistung im Jugendalter*. Limpert Verlag, Frankfurt, 1967.
- Neumann, O.: "Art, Maß und Methode von Bewegung und Sport bei älteren Menschen". Kohlhammer, Stuttgart, 1976.
- Nickel, H. (red.): "Zum Einfluß der methodischen Darbietungsform auf den motorischen Lernprozeß". En: *Techniktraining II*, pp. 33-36.
- Nickel, H. (ed.): Beiheft zu *Leistungssport. Informationen zum Training*, 22. Bartels & Wernitz, Berlin, 1980.
- Nickel, H. (red.): "Zum Einfluß der Trainingsform auf den motorischen Lernprozeß". En: *Techniktraining II*, S. 6-32.
- Nickel, U.: "Bewegungsbewußtsein im Sport". *Sportwissenschaft* 12 (1982), 65-77.
- Niemeyer, R. K.: "Part versus whole methods and massed versus distributed practice in the learning of selected large muscle activities". *Proceed. College Phys. Educ. Assn.* 5 (1958), 122-125.
- Nigg, B. M.: "Kinder im Leistungssport - einige biomechanische Überlegungen". En: Howald, H., E. Hahn (eds.). *Kinder im Leistungssport*. Birkhäuser, Basilea – Boston – Stuttgart, 1982, pp. 60-65.
- Nitsch, J. R.: "Sportliches Handeln als Handlungsmodell". *Sportwissenschaft* 5 (1975), 39-55.
- Nitsch, J. R.: "Handlungspsychologische Ansätze im Sport". En: Thomas, A. (ed.). *Sportpsychologie, Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen*. Urban & Schwarzenberg, München – Berlin – Viena, 1982, pp. 26-41.
- Nitsch, J. R., I. Udris: *Beanspruchung im Sport. Beiträge zur psychologischen Analyse sportlicher Leistungssituation*. Limpert Verlag, Bad Homburg, 1976.

- Nitsch, J. R. y cols.: "Beschleunigung von Erholungsvorgängen durch EMG-Biofeedback". En: Bundesinstitut für Sportwissenschaft (ed.). *Bericht 1979-1980*, Colonia, 1981, pp. 61-63.
- Nitsche, E.: *Taktik im Sport*. Deutsche Zentraldruckerei, Berlín, 1976.
- Nöcker, J.: *Physiologie der Leibesübungen*. 2ª ed. Enke, Stuttgart, 1971.
- Nöcker, J.: *Die Ernährung des Sportlers*. Hofmann Verlag, Schorndorf 1974.
- Norman, D. A., D. E. Rumelhardt y cols.: *Strukturen des Wissens, Wege der Kognitionsforschung*. Klett Verlag, Stuttgart, 1978.
- Novak, L. P.: "Die basale und submaximale Sauerstoffaufnahme in Beziehung zu Veränderungen in der Körper-Zell-masse während des Adoleszenten-Wachstums". *Medizin und Sport* 21 (1981), 89-92.
- Nowacki, P. E.: "Erforschung des Höhentrainings als Beispiel einer Zusammenarbeit zwischen Trainer, Sportarzt und Physiotherapeuten". *Physiotherapie* 65 (1974), 93-97; 169-173.
- Nowacki, P. E.: "Biologische Leistungsvoraussetzungen für Höchstleistungen im Rudersport bei jugendlichen und erwachsenen Ruderern". En: Schmidt, Horst (ed.). *Leistungssport in Schule und Verein und sportärztliche Betreuung*. Perimed, Erlangen, 1975, pp. 17-55.
- Nowacki, P. E.: "Trainingssteuerung". En: Eberspächer, H. (ed.). *Handlexikon Sportwissenschaft*. Rowohlt Verlag, Reinbek, 1987, pp. 504-507.
- Nurmekiwi, A.: "Hügeläufe - über welche Streckenlängen?" *Die Lehre der Leichtathletik* (1975), 1385-1388.
- Oberbeck, H.: *Seitigkeitsphänomene und Seitigkeitstypologie im Sport*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1989.
- Oberste, W., M. Bradtke: "Die Bedeutung der motorischen Reaktionszeit im Sprint". *Leistungssport* 4 (1974), 424-430.
- Obholzer, A.: "Mitübung". *Die Leibeserziehung* 8 (1959), 244-247.
- Oelschlägel, H., G. Wittekopf: "Physiologische Grundlagen der sportlichen Leistungsfähigkeit im frühen Schulalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 596-601.
- Oerter, R.: "Hochleistungssport unter entwicklungspsychologischer Perspektive". *Leistungssport* 12 (1982), 6-12.
- Olbrich, K. H.: "Der Übungseffekt der Handgeschicklichkeit bei Frauen und Mädchen". Tesis doctoral, Aquisgrán, 1973.
- Oldfield, R. C.: "Handedness in musicians". *Br. J. of Psychol.* 60 (1969), 91-99.
- Oldfield, R. C.: "The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory". *Neuropsychologia* 9 (1971), 97-113.
- Oshima, R.: "The microphysiology of pontine nuclei in the cat concerning the concept of internal feedback". En: Massion, J., K. Sasaki (eds.). *Cerebro-cerebellar interactions*. North-Holland Biomedical Press, Amsterdam - Nueva York - Oxford, 1979.
- Osolin, E.: "Sprint und Schnelligkeitsausdauer". *Die Lehre der Leichtathletik* (1972), 416.
- Osolin, N. G.: *Das Training des Leichtathleten*. Sportverlag, Berlín, 1952.
- Osolin, N. G.: "Die 'Geschwindigkeitsbarriere' und Möglichkeiten ihrer Überwindung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 19 (1970), 979-984.
- Osternig, L. R., R. N. Robertson, R. K. Troxel, P. Hansen: "Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretch techniques". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 22 (1990), 106-111.
- Ott, T.: *Mechanismen der Gedächtnisbildung*. Fischer Verlag, Jena, 1977.
- Oxendine, J. B.: "Effect of mental and physical practice on the learning on three motor skills". *Res. Quart.* 40 (1969), 763-775.
- Paerisch, M.: "Die Auswirkungen sportlichen Trainings auf das neuromuskuläre System". *Medizin und Sport* 14 (1974), 126 s.
- Paffenberg, R., A. Wing, R. Hyde: "Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni". *Amer. J. Epid.* 108 (1978), 161-175.
- Pahlke, U., H. Peters, H. Wurster: "Sportmedizinische und sportmethodische Untersuchungsergebnisse zur Ausdauerentwicklung durch den Sportunterricht im jüngeren Schulalter". *Medizin und Sport* 16 (1976), 184-194.
- Pahlke, U., H. Peters: "Einfluß laufausdauerbetonten Sportunterrichts auf Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit von Schülern der Klassen 4-7". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 29-32.
- Pahlke, U., H. Peters: "Einfluß laufausdauerakzentuierten Sportunterrichts auf Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit von Schülern der Klassen 7-10". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 697-700.
- Pahlke, U., H. Peters: "Zur Entwicklung der aeroben Kapazität Heranwachsender in Abhängigkeit von der Belastung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 208-211.
- Pahlke, U., H. Peters: "Ausdauer und Kenngrößen der körperlichen Leistungsfähigkeit im Schulalter". *Medizin und Sport* 12 (1979), 353-360.
- Panin, N. y cols.: "Electromyographic evaluation of the 'Cross Exercise' effect". *Arch. of Phys. Med. & Rehab.* 42 (1961), 47-52.
- Pansold, B. y cols.: "Alaktazide und laktazide Energiebereitstellung bei Schwimmbelastungen". *Medizin und Sport* 13 (1973), 107-112.

- Papageorgiou, A., B. Klein: "Die Rolle des Schnelligkeitstrainings im Volleyball". *Volleyballtraining* 17 (1993), 87-90.
- Parreren, C. F. van: *Lernprozeß und Lernerfolg. Eine Darstellung der Lernpsychologie auf experimenteller Grundlage*. 2^a ed. Westermann Verlag, Braunschweig, 1972.
- Pate, R. R., J. D. Branch: "Training for endurance Sport". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 24 (1992), suppl., pp. 340-343.
- Paul, P., W. L. Holmes: "Free fatty acid and glucose metabolism during increased energy expenditure and after training". *Med. and Sci. in Sports* 7 (1976), 176-184.
- Pauletto, B.: "The speed chute", *Nat. Strength & Condit. Assoc. J.* 13 (1991), 4, 47-48.
- Pendergast, D., P. Cerretelli, D. W. Renni: "Aerobic und glycolytic metabolism in arm exercise". *J. Appl. Physiol.* 47 (1979), 754 s.
- Penfield, W.: "Memory mechanisms". *Trans. Amer. Neurol. Assoc.* 76 (1951), 15-31.
- Penfield, W.: "The interpretive cortex". *Science* 129 (1959), 1719-1725.
- Pesch, H.-J.: "Der Altersknochen als Paradigma für die Individualität des Alterns". *Z. f. Gerontol.* 23 (1990), 128-129.
- Pessenhofer, H., G. Schwaberger, P. Schmid: "Zur Bestimmung des individuellen aerob-anaeroben Übergangs". *Dt. Z. Sportmed.* 32 (1981), 15-17.
- Peters, H.: "Untersuchungen über die sportliche Leistungsentwicklung und die allseitige körperliche Grundausbildung des 2. und 4. Schuljahres". Tesis doctoral, Greifswald, 1963.
- Peters, H. y cols.: "Zur Entwicklung der Ausdauer im Sportunterricht". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), Suplemento 1, 57-66.
- Peters, H., U. Pahlke: "Zu einigen Fragen der Entwicklung der Ausdauer im Schulalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 533-536.
- Peters, H., U. Pahlke, H. Wurster: "Theoretische Positionen und Erkenntnisse zur Ausbildung der Langzeitausdauer im Sportunterricht". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 30 (1981), 684-688.
- Petersen, T.: "Aspekte qualitativer Bewegungsforschung". *Sportunterricht* 31 (1982), 12-19.
- Pette, D., H. Staudte: "Differences between red and white muscles". En: Keul, J. (ed.). *Limiting factors of physical performance*. Thieme Verlag, Stuttgart, 1973, pp. 23-35.
- Pettinger, J.: "Warm-up problems in determining its effects on competitive swimming performances". *Swimming Techn.* (1968), 115-116; 124.
- Pevnzer, L. Z., V. A. Brumberg, T. S. Glushchenko: "Changes in the content of acidic and basic proteins per cell in neurons and neuroglia of rat hippocampus in the course of memory formation". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological Aspects of Learning, Memory Formation and Ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlín, 1979, pp. 117-119.
- Pflug, W.: "Elektromyographische Untersuchungen beim Lernen einer motorischen Fertigkeit durch mentales Training". Trabajo de diplomatura de la Facultad de Psicología, Múnich 1966.
- Phillips, C. G.: "Significance of the monosynaptic cortical projection to spinal motoneurons in primates". En: Desmedt, J. E. (ed.). *Cerebral motor control in man. Long loop mechanisms*. Karger, Basilea, 1978.
- Phillips, D. A. y cols.: "Sprint assisted training programs". *Track Technique* 101 (1987), 3215-3218.
- Pickenhain, L.: "Grundlagenerkenntnisse über das motorische System". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 21 (1972), 1121-1127.
- Pickenhain, L.: "Die Bedeutung innerer Rückkopplungskreise für den Lernvorgang (gezeigt am Beispiel des motorischen Lernens)". *Z. f. Psychol* 1984 (1976), 551-561.
- Pickenhain, L.: "Physiologische Grundlagen der Bewegungsgammierung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979) 44-47.
- Pickenhain, L.: "Neurophysiologische Grundlagen innerer Modelle motorischer Handlungen". En: Hacker, W., H. Raum (eds.). *Optimierung von kognitiven Arbeitsanforderungen*. Huber Verlag, Berna, 1980, pp. 206-210.
- Piehl, K.: "Time course for refilling of glycogen stores in human muscle fibres following exercise-induced glycogen depletion". *Acta Phys. Scand.* 90 (1974), 297-302.
- Piehl, K.: "Glykogenvorrat und -schwund in menschlichen Skelettmuskelfasern". *Medizin und Sport* 15 (1975), 33-42.
- Pieper, K.-S., H. Kabisch: "Das Verhalten der Skelettmuskelfasertypen unter spezifischen Belastungsbedingungen in Beziehung zur Biochemie und Physiologie des Muskels". *Wissenschaftl. Z. der DHfK*. Leipzig 15 (1974), 73-81.
- Pietka, L., L. Spitz: "Probleme der Optimierung und Individualisierung der Technik des Beidarmigen Reißens im Gewichtheben". *Leistungssport* 6 (1976), 22-33.
- Plato, C. C., K. Fox, R. M. Garruto: "Measures of lateral functional dominance". *Human Biol.* 56 (1984), 259-275.
- Pletnjow, B. A.: "Veränderung der Muskelkraft bei verschiedenen Varianten einer kombinierten muskuläre Arbeitsweise". *Leistungssport* 7 (1977), 1, 12-14.
- Pöhlmann, R.: "Möglichkeiten zur Effektivierung sportmotorischer Lernprozesse, Teil 1: Lernaspekte im Bereich der Informationsaufnahme". *Körpererziehung* 27 (1977) 197-204.
- Pöhlmann, R.: "5 Thesen zum 'Fähigkeitssystem' der Sportmotorik im handlungspsychologischen Bezug". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 511-516.

- Pöhlmann, R.: "Drei lernpsychologische Überlegungen bezüglich der sportmotorischen Fähigkeits- und Fertigkeitentwicklung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), 47-53.
- Pöhlmann, R.: "Zum Stand einiger lernpsychologischer Probleme im Sport". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 659-665.
- Pöhlmann, R.: *Motorisches Lernen*. Sportverlag, Berlin, 1986.
- Pöhlmann, R., M. Dressler: "Gedanken zur Entwicklung konditioneller Fähigkeiten". *Körpererziehung* 29 (1979), 88-96.
- Pöhlmann, R., G. Kirchner: "Die Sinnesempfindungen steuern und kontrollieren unsere Bewegungen". *Körpererziehung* 29 (1979), 202-210.
- Poller, T.: "Untersuchungen zur Ermittlung effektiver Belastungsintensitäten für die Schulung der Grundlagenausdauer bei Schülern der Klassen 6 und 7". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 271-274.
- Polovzev, W. G., W. W. Cishik: "Pädagogische Kriterien für die Optimierung des Trainings junger Radsportler". *Leistungssport* 11 (1981), 288-292.
- Polzien, P.: "EKG-Änderungen während des ersten Versuchs der Schwereübung des autogenen Trainings". En: Luthe, W. (ed.). *Autogenes Training*. Thieme, Stuttgart, 1965.
- Porac, C., S. Coren: *Lateral preferences and human behavior*. Springer Verlag, Nueva York 1981.
- Porac, C., S. Coren, A. Searleman: "Environmental factors in hand preference formation: Evidence from attempts to switch the preference hand". *Behavior Genetics* 16 (1986), 251-265.
- Porter, K., J. Foster: *Mentales Training - der modernse Weg zur sportlichen Leistung*. BLV Verlagsges., München - Viena - Zürich, 1987.
- Poulain, P., E. Pertuzon: "Étude comparative des effets de trois méthodes de musculation sur les propriétés contractiles et élastiques du muscle". *Ann. de Kinésithér.* 15 (1988), 167-177.
- Prampero, P. di: "Grundlagen der anaeroben Energiebereitstellung und der Sauerstoffschuld bei körperlichen Höchstbelastungen". *Medizin und Sport* 13 (1973), 1-12.
- Priebe, U., U. Wagner: "Die physische Konditionierung als Möglichkeit der Prävention bei der Hypertonieerkrankung - eine dreijährige Modellstudie". *Medizin und Sport* 19 (1979), 55-58.
- Priebe, U., R. Schmidt, V. Hamuth, H.-D. Faulhaber, I. Grigorow: "Das physische Training in der Prävention der arteriellen Hypertonie". *Medizin und Sport* 22 (1982), 164-168.
- Probleme der Biomechanik, der Psychologie und der Bewegungslehre. Mesa redonda de la revista soviética "Theorie und Praxis der Körperkultur". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 30 (1981), 333-342.
- Probst, H. P., L. Nonella: "Praktische Durchführung des Conconi-Tests - Feldtest zur Ermittlung der anaeroben Schwelle". *Der Läufer* 6 (1986), 40-48.
- Proft, E. de, J. P. Clarys, E. Ballens, J. Cabri, W. Dufour: "Muscle activity in the soccer kick". En: Reilly, T., A. Lees, K. Davids, W. J. Murphy (eds.). *Science and football*. Spon, Londres - Nueva York, 1988, pp. 434-440.
- Proft, E. de, J. Cabri, W. Dufour, J. P. Clarys: "Strength training and kick performance in soccer players". En: Reilly, T., A. Lees, K. Davids, W. J. Murphy (eds.). *Science and football*. Spon, Londres - Nueva York.
- Prokop, L., F. Rössner: *Erfolg im Sport*. Tomos 1 y 2. Furlinger Verlag, Marathon-Ed., Viena - München, 1959 y 1960.
- Pudow, N.: "Sowohl Umfang als auch Intensität im Marathon-Training". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 1412-1413.
- Puni, A. Z.: "Über die Trainingswirkung der Bewegungsvorstellung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 7 (1958), 1067-1075.
- Puni, A. Z.: *Abriß der Sportpsychologie*. Sportverlag, Berlin 1961.
- Quies, W.: "Begründung der Anforderungen an die körperlich-sportliche Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), Suplemento 1, 70-72.
- Quitsch, G.: "Die zentrale Bedeutung der Bewegungslehre für die Planung und Steuerung sportmotorischer Lernprozesse". *Lehrhilfen für den Sportunterricht* (1980), 97-110; 119-125.
- Raczek, J.: "Untersuchungsergebnisse zur Ausdauer bei Schülern in Polen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), Suplemento 1, 63-65.
- Rademacher, G., H. Kuppardt, H.-H. Lathan: "Die Wirkung verschiedener Anwendungsvarianten der Elektromyostimulation auf die Entwicklung der Maximalkraftfähigkeit beim zusätzlichen Einsatz im Maximalkrafttraining". *Theor. Prax. Leistungssport* 16 (1978), 104-116.
- Raeder, J.: "Zu Problemen der Belastung und Erholung in der körperlichen Erziehung und Bildung der Kinder und Jugendlichen - Zur Ausbildung der Bewegungseigenschaften Gewandtheit und Beweglichkeit". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 19 (1970), 68-77.
- Rahmann, H.: "The possible functional role for gangliosides in synaptic transmission and memory formation". En: Matties, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlin, 1979, pp. 83-110.
- Rahmann, H.: "Die Bausteine der Erinnerung". *Bild der Wissenschaft* 19 (1982), 9, 75-86.
- Rahn, S., W. Räsch: "Zu Problemen der Gestaltung der Wettkämpfe im Grundlagentraining". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 684-690.

- Ramsay, J. A., C. J. R. Blimkie, K. Smith, S. Garner, J. D. Macdougall, D. G. Sale: "Strength training effects in prepubescent boys". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 22 (1990), 605-614.
- Ramsey, R. W., S. Street: "The isometric length-tension-diagram of isolated skeletal muscle fibers of the frog". *J. Cell. Comp. Physiol.* 15 (1940), 11 s.
- Rapp, G., G. Schoder: "Mentales Training im Vorschulalter". *Die Leibeserziehung* 21 (1972), 423-427.
- Rapp, G., H. Weicher: "Comparative studies on fast muscle myosin light chains after different training programs". *Int. J. Sports Med.* 3 (1982), 58-60.
- Rarick, G. L.: "Sports medicine for children and youth". En: Smith, N. J. (ed.). *Report of the tenth Ross Roundtable on Critical Approaches to Common Pediatric Problems*. Ross Laboratories, Ohio, Columbus, 1979, p. 10.
- Rasmussen, T., B. Milner: "The role of early left-brain injury in determining lateralization of cerebral Speech functions". En: Dimond, S. J., D. A. Blizard (eds.). *Evolution and lateralization of the Brain*. New York Acad. of Sciences, Nueva York, 1977 pp. 355-369.
- Ratov, I. P.: "Zur Veränderung des Trainingssystems durch technische Mittel und Trainingsapparate". *Leistungssport* 7 (1977), 129-135.
- Ratov, I. P.: "Diskussionsbeitrag zu: Probleme der Biomechanik, der Psychologie und der Bewegungslehre". Mesa redonda de la revista soviética "Theorie und Praxis der Körperkultur". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 30 (1981), 334-337.
- Ratliff, R., D. Lamb: "Glycogen replenishment following exercise: effects of denervation and tenotomy". *J. of Appl. Physiol.* 60 (1975), 961-963.
- Raum, H.: "Zu einigen Aspekten einer psychologischen Handlungstheorie". En: Hacker, W. (ed.). *Psychologische Arbeitsuntersuchung*. Dt. Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1973, pp. 20-41.
- Regner, M.: *Erfolgstraining. Mentale und körperliche Vorbereitung sportlicher Höchstleistungen*. Falken-Verlag, Niedernhausen/Ts, 1991.
- Reindell, H., H. Roskamm, W. Gerschler: *Das Intervalltraining*. Barth, München, 1962.
- Reinhold, D.: "Bewegungstherapie mit älteren Menschen im Rahmen einer Kur". *Medizin und Sport* 22 (1982), 118-121.
- Reinhold, D.: "Erkennung und Beeinflussung hypertoner Fehlregulationen durch körperliche Belastung". *Medizin und Sport* 22 (1982), 64-66.
- Reiß, M.: "Steigerung der Kraftausdauerfähigkeiten durch wirkungsvolles Kraftausdauertraining". *Leistungssport* 22 (1992), 5, 15-20.
- Reiß, M., U. Pfeiffer (eds.): *Leistungsreserven im Ausdauertraining, Erfolgreiche Trainingsstrategien mit Beispiellösungen im Sportschwimmen, Rudern, Radsport, leichtathletischen Lauf/Gehen und Eisschnelllauf*. Sportverlag, Berlin 1991.
- Reiß, M. y cols.: "Schlüsselprobleme des langfristigen Leistungsaufbaus". *Leistungssport* 23 (1993), 6, 12-16.
- Reiß, M., A. Pfützner: "Weltstandsanalyse 1992: Tendenzen der Leistungsentwicklung in den Ausdauersportarten". *Leistungssport* 23 (1993), 3,9-14.
- Reiter, E. O., A. Root: "Hormonal changes of adolescence". *Med. Clin. N. Am.* 59 (1975), 1289.
- Reiterer, W., N. Bachl: "Kriterien der körperlichen Leistungsfähigkeit". *Wien. Med. Wschr.* 127 (1977), Suppl. 42, 1-19.
- Reitsma, W.: "Regenerative, volumetrische en numerike hypertrophie van skeletspieren bij kikker en rat". Acad. Proefschrift, Vrije Universiteit Te Amsterdam, 1965.
- Renzland, J., H. Eberspächer: *Regeneration im Sport*. bps-Verlag, Colonia, 1988.
- Reuter, W., F. Liebold: "Beeinflussung der Serumlipide durch gezielte körperliche Belastung". *Medizin und Sport* 12 (1972), 236-238.
- Richter, H., F. Beuker: "Komplextest zur Ermittlung des physischen Leistungsvermögens". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 17 (1968), 54-64.
- Rieder, H.: "Biomechanik der Wurfdisziplinen aus der Sicht des Trainers". *Leistungssport* 2 (1972), 107-112.
- Rieder, H. (ed.): *Bewegungslehre des Sports, Sammlung grundlegender Beiträge I + II*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1973; 1977.
- Rieder, H.: "Zur Diagnostik der sportmotorischen Lernfähigkeit". En: Thaller, F., H. Reda (eds.). *Signale der Zeit*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1975, pp. 166-172.
- Rieder, H.: "Spezielle Probleme der Optimierung des motorischen Lernens und Verhaltens". En: Carl, K. (ed.). *Psychologie in Training und Wettkampfn.* Bartels & Wernitz, Berlin, 1977, 2^a ed., pp. 70-89.
- Rigal, R.: *Motricité humaine*. Tomo 1. Vigot, Paris, 1985.
- Rigal, R. A.: "Hand efficiency and right-left discrimination". *Perceptual and Motor Skills* 38 (1974), 219-224.
- Rimoldi, H. J. A.: "Personal tempo". *J. Abnorm. Soc. Psychol.* 46 (1951), 283-303.
- Riopelle, A. J.: "Psychomotor performance and distribution of practice". *J. Exp. Psychol.* 40 (1950), 390.
- Rittel, H.-F.: "Kybernetik des neuromuskulären Systems". *Leistungssport* 6 (1976), 464-474.
- Ritter, M., B. Schmidt: "Studien zur Trainings- und Wettkampfbelastung im Schüler- und Jugendalter". *Die Lehre der Leichtathletik* (1976), 753; 756.

- Röcker, L. H. Stoboy: "Beziehung zwischen Kraft und statischer Ausdauer unter Motivationsbedingungen". *Der medizin. Sachverständige* 66 (1970), 149-151.
- Röcker, L. y cols.: "Die Wirkung eines dynamischen Trainings mit gleicher physikalischer Leistung, aber unterschiedlichen Gewichten und Wiederholungszahlen bei eineiigen Zwillingen". *Sportarzt u. Sportmed.* 12 (1971), 281-286.
- Röthig, P. (red.): *Sportwissenschaftliches Lexikon*. 5^a ed. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1983.
- Röthig, P. (red.): *Sportwissenschaftliches Lexikon*. 6^a ed. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1992.
- Röthig, P., S. Größing: *Bewegungslehre*. Limpert Verlag, Bad Homburg, v.d.H. 1982.
- Rogalski, N.: "Zu einigen Ergebnissen des pädagogischen Experiments mit dem Sportlehrbuch für Schüler 'Das ABC der Technik - Fußball - Basketball'". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 18 (1969), 334-341.
- Rogo, M.: "Ergebnisse eines ausdauerbetonten Sportunterrichts in den Klassen 1 bis 3". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), Suplemento 1, 65-67.
- Rohmert, W.: "Über die Wirkung eines Leistungsanreizes bei isometrischem Muskeltraining von Kindern". *Das öffentl. Gesundheitsw.* 32 (1970), 392-401.
- Rohmert, W.: "Isometrisches Muskeltraining im Kindes und Jugendalter". *Das öffentl. Gesundheitsw.* 33 (1971), 4.
- Rohmert, W., H. Neuhaus: "Der Einfluß verschiedener Ruhelängen des Muskels auf die Geschwindigkeit der Kraftzunahme durch isometrisches Training". *Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol.* 21 (1965), 498-514.
- Rohmert, W., M. Preisig: "Rechts-Links-Vergleich bei isometrischem Armmuskeltraining mit verschiedenem Trainingsreiz". *Sportarzt u. Sportmed.* 19 (1968), 43-55.
- Rohrberg, K.: "Zur Ausbildung der sportlichen Technik". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 49-50.
- Rokitzki, L. y cols.: "Muskelbiopsische Untersuchungen bei Bodybuildern mit und ohne Anabolika-einnahme". En: Bennett, P., D. Jeschke (eds.). *Sport und Medizin Pro und Contra*. Zuckschwerdt Verlag, München, 1991, pp. 818-819.
- Roland, P. E., H. Ladegaard-Pederssen: "A quantitative analysis of sensations of tension and of kinaesthesia in man". *Brain* 100 (1977), 671-692.
- Roloff, K.: "Möglichkeiten des Aufwärmens vor Wettkämpfen und ihre Effektivität". *Die Lehre der Leichtathletik* (1976), 377-379; 413.
- Romanova, N.: "The sprint: non traditional means of training (a review of scientific studies)". *Soviet Sports Rev.* 25 (1990), 99-104.
- Rosa, K.: *Das ist Autogenes Training*. Kindler Verlag, München 1973.
- Roskamm, H.: *Die Grundlagen des körperlichen Trainings*. Hippokrates 41 (1970), 73-82.
- Rost, R. y cols.: "Die Kreislaufverhältnisse während der Preßdruckprobe". *Sportarzt u. Sportmed.* 25 (1974), 119-125.
- Rost, R. y cols.: "Über den Einfluß einer Erythrozyten-Retransfusion auf die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit". *Sportarzt u. Sportmed.* 26 (1975), 137-144.
- Rost, R., W. Hollmann: *Belastungsuntersuchungen in der Praxis*. Thieme, Stuttgart 1982.
- Roth, H.: *Pädagogische Anthropologie, Bd. I: Bildsamkeit und Bestimmung*. 4^a ed., Schroedel Verlag, Hannover, 1976.
- Roth, J., B. Voss, A. Unverricht: "Untersuchungen über den Einfluß von Massagen und dynamischen Muskelkontraktionen zur Optimierung des Erholungsprozesses, dargestellt an der J^{131} Natrium-Hippuratmuskelclearance". *Medizin und Sport* 13 (1973), 271-275.
- Roth, K.: "Ein neues 'ABC' für das Techniktraining im Sport". *Sportwissenschaft* 20 (1990), 9-26.
- Roth, K. D., R. Singer, U. Ungerer-Röhrich: "Motorisches Lernen". *Sportunterricht* (1981), 254-256.
- Roth, W., B. Pansold, E. Hasart, J. Zinner, B. Gabriel: "Zum Informationsgehalt leistungsdiagnostischer Parameter in Abhängigkeit von der Zunahme der Leistungsfähigkeit bei Sportlern". *Medizin und Sport* 21 (1981), 326-336.
- Rubin-Rabson, G.: "Mental and keyboard overlearning in memorizing piano music". *J. Musicol.* 3 (1941), 33-40.
- Rubinstein, S. L.: *Grundlagen der allgemeinen Psychologie*. 4^a ed., Volk und Wissen, Berlin, 1961.
- Rubinstein, S. L.: *Sein und Bewußtsein*. 6^a ed. Akademie-Verlag, Berlin, 1972.
- Rudolph, W.: "Zur Struktur der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Schülern und Schülerinnen der Klassenstufe 8 und 9". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 278-282.
- Rühl, H., G. Wittekopf: "Die Bedeutung der Anspannungsgeschwindigkeit für die muskuläre Mobilisation". *Medizin und Sport* 24 (1984), 232-234.
- Rüssel, A.: *Psychomotorik*. Steinkopff Verlag, Darmstadt, 1976.
- Rusch, H., J. Weineck: *Sportförderunterricht*. 3^a ed. Hofmann Verlag, Schorndorf 1988.
- Russo, P. E. y cols.: "A growth and fitness study of Sydney school children". En: Collins, J. K. (ed.). *Studies of the Australian adolescent*, p. 24, Cassell, Sidney, 1975.
- Rutenfranz, J.: "Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit im Schul- und Jugendalter". *Wissenschaftl. Z. der Humboldt-Universität Berlin, math.-naturwiss. Reihe* 14 (1965), 335-342.
- Rutenfranz, J., A. Iskander: "Untersuchungen über die Beeinflussung des Erlernens einer einfachen sensumotorischen

- Fertigkeit durch die Bekanntgabe der Lernresultate bei verschiedenen Übungsbedingungen". *Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol.* 29 (1970/71), 44-54.
- Sack H.-G.: "Zentrale Aspekte eines Schüler-Leichtathletik-Trainings aus psychologischer Sicht". En: Joch. W. (ed.). *Schüler-Leichtathletik*. Schors Verlag, Niedernhausen/Ts., 1982, pp. 38-47.
- Sady, S. P. y cols.: "Flexibility training: Ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation". *Arch. of Phys. Med & Rehab.* 63 (1982), 261-263.
- Sahlin, K.: "Intracellular pH and energy metabolism in skeletal muscle of man". *Acta Phys. Scand.* (1978), suppl-455.
- Sahlin, K., R. C. Harris, E. Hultman: "Creatine kinase equilibrium and lactate content compared with muscle pH in tissue samples obtained after isometric exercise". *Biochem. J.* 152 (1975), 173-180.
- Sahlin, K., R. C. Harris, B. Ny Lind, E. Hultman: "Lactate content and pH in muscle samples obtained after dynamic exercise". *Pflügers Archiv* 367 (1976), 143-149.
- Sahlin, K., G. Palm skog, E. Hultman: "Adenine nucleotide and IMP contents of the quadriceps muscle in man after exercise". *Pflügers Archiv* 374 (1978), 193-198.
- Sahlin, K., A. Alvestrand, R. Brandt, E. Hultman: "Intracellular pH and bicarbonate concentration in human muscle during recovery from exercise". *J. of Appl. Physiol.* 45 (1978), 474-480.
- Sahlin, K., J. Henriksson: "Buffer capacity and lactate accumulation in skeletal muscle of trained and untrained men". *Acta Phys. Scand.* 122 (1984), 331-339.
- Sale, D. G.: "Neural adaptation to resistance training". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 20 (1988), suppl., pp. 135-145.
- Sale, D. G. y cols.: "Voluntary strength and muscle characteristics in untrained men and women and male bodybuilders". *J. of Appl. Physiol.* 62 (1987), 1786-1793.
- Salmela, J. H., P. Fiorito: "Visual cues in ice hockey goal tending". *Can. J. Appl. Sport Sci.* 4 (1979), 4, 56-59.
- Saltin, B.: "Aerobic and anaerobic work capacity after dehydration". *J. of Appl. Physiol.* 19 (1964), 1114-1118.
- Saltin, B.: "Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration". *J. of Appl. Physiol.* 19 (1966), 1125-1132.
- Saltin, B.: "Metabolic fundamentals in exercise". *Med. and Sci. in Sports* 5 (1973), 137-146.
- Saltin, B.: "Physiological effects of physical conditioning". *Med. and Sci. in Sports* 1 (1973), 50-56.
- Saltin, B.: "Fluid, electrolyte and energy losses and their replenishment in prolonged exercise". En: Parizkova, J., V. A. Rogozkin (eds.). *Nutrition, physical fitness and health*. University Park Press, Baltimore, 1978, pp. 76-97.
- Saltin, B., P. O. Astrand: "Maximal oxygen uptake in athletes". *J. of Appl. Physiol.* 23 (1967), 353-358.
- Saltin, B., B.-O. Eriksson, K. Piehl: "Metabolic and circulatory adjustments at onset of exercise". En: Gilbert, A., P. Guille (eds.). *Onset of exercise*, University of Toulouse Press, Toulouse, 1971, pp. 63-76.
- Saltin, B., P. D. Gollnick, B.-O. Eriksson, K. Piehl: "Metabolic and circulatory adjustments at onset of maximal work". En: Gilbert, A., P. Guille (eds.). *Onset of exercise*, University of Toulouse Press, Toulouse, 1971, pp. 63-76.
- Saltin, B., J. Karlsson: "Muscle glycogen utilization during work of different intensities". En: Pernow, B., B. Saltin (eds.). *Muscle metabolism during exercise*, Plenum Press, Nueva York, 1971, pp. 289-299.
- Saltin, B., B. Essen, P. K. Pedersen: "Intermittent exercise: Its physiology and some practical applications". En: Jokl, E., R. L. Anand, H. Stoboy (eds.). *Advances in exercise physiology*, Karger, Basilea 1976, pp. 23-51.
- Saltin, B., P. D. Gollnick: "Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance". En: Peachey, L. D. y cols. (eds.). *Handbook of physiology, section 10: skeletal muscle*, American Physiol. Soc., Bethesda, Md., 1983, pp. 555-631.
- Samek, L., V. Cernak, J. Kral: "Toter Punkt und 'Zweiter Wind'". *Sportarzt u. Sportmed.* 23 (1972), 89-94.
- Sanderson, J.: "Intention in motor learning". *J. Exp. Psychol.* 12 (1929), 463 ss.
- Sapega, A. A., T. C. Quedenfeld, R. A. Moer, R. A. Butter: "Biophysical factors in range-of-motion exercise". *Physician Sports Med.* 9 (1981), 57-65.
- Sarviharju, P. J., V. Vihko: "Plasma FFA during psychophysical loading and endurance training". *J. of Sports Med. and Phys. Fitness* 12 (1972), 250-257.
- Sasaki, K.: "Cerebro-cerebellar interconnections in cats and monkeys". En: Massion, J., K. Sasaki (eds.). *Cerebro-cerebellar interactions*, North-Holland Biomedical Press, Amsterdam - Nueva York - Oxford, 1979.
- Saß, H.: "Zur Anwendung von Tests in den Sportspielen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 34 (1985), 737-740.
- Saß, H.: "Prinzipien für die Gestaltung des Ausbildungs und Erziehungsprozesses im außerunterrichtlichen Training". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 37 (1988), 113-116.
- Savard, G., B. Kiens, B. Saltin: "Central cardiovascular factors as limits to endurance; with a note on the distinction between maximal oxygen uptake and endurance fitness". En: Macleod, D., R. Maughan, M. Nimmo, T. Reilly, C. Williams (eds.). *Exercise - benefits, limits and adaptations*, Spon, Londres - Nueva York, 1987, pp. 162-180.
- Savenkow, G. I.: "Diskussionbeitrag zu: Probleme der Biomechanik, der Psychologie und der Bewegungslehre. Mesa redonda

- de la revista soviética 'Theorie und Praxis der Körperkultur', *Theorie und Praxis der Körperkultur* 30 (1981), 338-339.
- Scammon, S.: *The measurement of man*. University Press, Minnesota, 1930.
- Schäbitz, S., J. Jödicke: "Leistungsdiagnostische Untersuchungen zur Objektivierung leistungsbestimmender elementarer Schnelligkeitsfähigkeiten sowie experimentelle Untersuchungen zum Einsatz neuer Trainingsmittel und Trainingsmethoden in den Kurzzeitausdauerdisziplinen des DRSV unter dem Aspekt der Steigerung der Schnelligkeitsleistungen". Tesina, DHfK, Leipzig, 1987.
- Schaefer, C.: "Gehirnzellen sterben nicht ab". *Bild der Wissenschaft* 24 (1987), 9, 60-69.
- Scharf, H.-P. y cols.: "Das Atrophiemuster der Oberschenkelstreckmuskulatur nach Sportverletzungen und seine Konsequenzen für die Rehabilitation". *Dt. Z. Sportmed.* 43 (1992), 61-67.
- Scharschmidt, F., G. Großmann, S. Israel: "Zur Entwicklung von Anpassungserscheinungen bei sporttreibenden Kindern im Verlaufe von 3 Jahren". *Arztl. Jugendkunde* 65 (1974), 21-30.
- Scharschmidt, F. K.-S. Pieper: "Die Adaptation an sportliches Training in ausgewählten Organsystemen bei Heranwachsenden". *Medizin und Sport* 21 (1981), 289-296.
- Scharschmidt, F., K.-S. Pieper: "Adaptabilität und Adaptation an sportliches Training bei Heranwachsenden". *Medizin und Sport* 22 (1982), 37-40.
- Scharschmidt, F., K.-S. Pieper: "Die aerobe Leistungsfähigkeit junger Rudersportler beiderlei Geschlechts". *Medizin und Sport* 24 (1984), 43-48.
- Scheele, K.: "Zur Leistungsentwicklung und Belastbarkeit von Kindern und Jugendlichen aus ärztlicher Sicht". *Sportwissenschaft* 3 (1973), 382-386.
- Scheibe, J.: "Belastungsverarbeitung im Prozeß der Anpassung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), 47-49.
- Schellenberger, B.: "Die Verbesserung der Orientierungsgrundlage als Voraussetzung für die Erhöhung der Qualität der Handlungsregulation". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), 837-844.
- Schellenberger, B.: "Die Bedeutung der kognitiven und sensorischen Ebene in der psychischen Regulation sportlicher Handlungen". *Wissenschaftl. Z. der DHfK Leipzig* 21 (1980), 1, 43-52.
- Schellenberger, B., D. Guenz: "Rationale und sensomotorische Komponenten in der Wirksamkeit des ideomotorischen Trainings unter dem Aspekt der Verbesserung der Orientierungsgrundlage". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 675-677.
- Schenck, K.: "Theoretische Aspekte der Lateralität und Dominanz. En: Eggert, D., E. J. Kiphard (eds.). *Die Bedeutung der Motorik für die Entwicklung normaler und behinderter Kinder*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1976, 3ª ed., pp. 133-148.
- Scherer, H.: "Fußballtraining in der Halle – Aufwärmprogramme, Leistungsfußball in allen Spielklassen". Vol. mixto, 8 (1977), 63-68.
- Scherler, K.-H.: *Sensomotorische Entwicklung und materiale Erfahrung*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1975.
- Schewe, H.: "Bewegungslernen - dargestellt an einem 'Prozeß-Modell'. *Dt. Z. Sportmed.* 33 (1982), 17-23.
- Schiffer, J. (ed.): *Schnelligkeit-trainingsmethodische, biomechanische, leistungsphysiologische und leistungsdiagnostische Aspekte, Eine kommentierte Bibliographie*. Sport und Buch Strauß, Edition Sport, Colonia 1993.
- Schildge, E.: "Anthropologische Grundlagen". En: Carl, K. (ed.). *Psychologie in Training und Wettkampf*. Bartels & Wernitz, Berlin, 1977, pp. 22-46.
- Schiller, A.: "Theories of handedness", *J. of appl. Psychol.* 19 (1935), 694-703; 20 (1936), 77-91.
- Schilling, F.: "Untersuchungen zur Methodik der differenzierten Lateralitätsbestimmung", en: Feige, K. y cols. (eds.), *Bericht über den III. Europäischen Kongreß für Sportpsychologie*, Hofmann Verlag, Schorndorf, 1973, pp. 144-151.
- Schilling, F.: "Zur Methodik der Lateralitätsbestimmung", en: Eggert, D., E. J. Kiphard (eds.), *Die Bedeutung der Motorik für die Entwicklung normaler und behinderter Kinder*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1976, 3ª ed.
- Schilling, F.: "Die Bestimmung der Händigkeit". *Motorik* 2 (1979), 43-49; 70-72.
- Schilling, F.: "Entwicklung und Erscheinungsformen der Händigkeit". *Motorik* 2 (1979), 34-42; 70-72.
- Schilling, G.: "Was ist Lernen?". En: Schneider, W. (ed.), *Beiträge zum Unterricht*. Ed. Roche, Basilea, 1977, pp. 10 s.
- Schilt, U., H. Howald, G. Schönhoker: "Biochemische Auswirkungen kontinuierlicher und diskontinuierlicher Muskelarbeit (Intervallarbit)". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 21 (1973), 5-30.
- Schlimper, L.: "Untersuchungen zur Objektivierung und Entwicklung der Handlungsschnelligkeit". Tesis doctoral, Leipzig, 1989.
- Schmenkel, H., G. Schuhmacher: "Trainingsplanung und -steuerung mit Hilfe der Netzplantechnik". *Leistungssport* 5 (1975), 475-493.
- Schmid, P., H.-H. Dickhuth, M. Lehmann, G. Huber, A. Berg, J. Keul: "Labordiagnostische Ergebnisse von Fußball- und Handballspielern". *Dt. Z. Sportmed.* 12 (1983) 365-375.
- Schmidt, B.: "Zur Jahresplanung des Trainings im Schüler- und Jugendalter". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 1481-1484.

- Schmidt, E.: "L'Ergo jump, ou le contrôle permanent des capacités athlétiques". Trabajo de diploma del curso de monitor J + S III, Magglingen, November 1992.
- Schmidt, H.: "Anpassung des Binde- und Stützgewebes an sportliche Belastung". *Z. f. Physiother.* 31 (1979), 411-416.
- Schmidt, H.: "Belastungsgestaltung im Sport unter Vermeidung muskulärer Dysbalancen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 37 (1988), 266-271.
- Schmidt, H. y cols.: "Der Muskeltest nach Janda für die sportmedizinische Praxis". *Medizin und Sport* 23 (1983), 271-278.
- Schmidt, H., W. Kraft, K.-H. Rotte, H. Hagen: "Pilotstudie zur Diagnostik von Muskelflächen des Oberschenkels mittels Computertomographie (CT)". *Medizin und Sport* 30 (1990), 70-72.
- Schmidt, J.: "Herz-Kreislaufbehandlung des alten Menschen durch Sport". *Internist. Praxis* 10 (1970), 111-119.
- Schmidt, P.: "Ausdauerentwicklung im Schüler- und Jugendtraining". *Die Lehre der Leichtathletik* (1972), 1461-1462.
- Schmidt, P.: "Planungs- und Dosierungsprobleme bei der Entwicklung der aeroben und anaeroben Ausdauer im Mittels-treckenlauf". *Leistungssport* 2 (1972), 99-101.
- Schmidt, P.: "Periodisierung im Mittelstreckenlauf". *Die Lehre der Leichtathletik* (1975), 233-236; 272.
- Schmidt, R.: "A schema theory of discrete motor skill learning". *Psych. Review* 82 (1975).
- Schmidt, R. A.: *Motor control and learning*, 2^a ed., Human Kinetics Publ. Champaign, Ill., 1988.
- Schmidt, R. F. (ed.): *Grundriß der Neurophysiologie*. 4^a ed., Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - Nueva York, 1979.
- Schmidt, R. F., G. Thews (eds.): *Physiologie des Menschen*. 19^a ed., Springer Verlag, Berlin, 1977.
- Schmidt, R. F., G. Thews (eds.): *Physiologie des Menschen*. 20^a ed., Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - Nueva York, 1980.
- Schmidtbleicher, D.: *Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit*. Limpert Verlag, Bad Homburg, 1980.
- Schmidtbleicher, D., V. Dietz, J. Noth, M. Antoni: "Auftreten und funktionelle Bedeutung des Muskeldehnungsreflexes bei Lauf- und Sprintbewegungen". *Leistungssport* 8 (1978), 480-490.
- Schmidtbleicher, D., M. Bührle: "Vergleich von konzentrischem und exzentrischem Maximalkrafttraining". En: *Berichte aus dem Institut für Sport und Sportwissenschaft der Universität Freiburg*, 1, pp. 1-59, Freiburg, 1980.
- Schmidtbleicher, D., A. Gollhofer: "Neuromuskuläre Untersuchungen zur Bestimmung individueller Belastungsgrößen für ein Tiefsprungtraining". *Leistungssport* 12 (1982), 298-307.
- Schmidtke, H.: *Die Ermüdung*. Huber, Berna - Stuttgart, 1965.
- Schnitt, W. M., W. Kindermann, A. Schnabel, G. Biro: "Metabolismus und hormonelle Regulation bei Marathonläufen unter besonderer Berücksichtigung von Lebensalter, Trainingszustand und Geschlecht". *Dt. Z. Sportmed.* 32 (1981), 1-7.
- Schmitz, J. N.: *Studien zur Didaktik der Leibeserziehung III: Bewegungslernen im Sportunterricht, Grundlagen und didaktisch-methodische Aspekte*. 3^a ed., Hofmann Verlag, Schorndorf, 1977.
- Schmücker, B.: "Die Bedeutung zusätzlicher Schulsportprogramme für körperliche Leistung und Gesundheit". En: Kapustin P., C. Kreiter (reds.). 4. Sportwissenschaftlicher Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft vom 7.-9. Oktober 1981 in Würzburg, pp. 81-88, DVS. Clausthal-Zellerfeld, 1982.
- Schmücker, B., W. Hollmann: "Zur Frage der Trainierbarkeit von Herz und Kreislauf bei Kindern bis zum 10. Lebensjahr". *Sportarzt u. Sportmed.* 24 (1973), 231-235; 263-265.
- Schnabel, A., W. Kindermann, W. M. Schnitt: "Aerobe Kapazität von Fußballern unterschiedlicher Spielstärke". *Dt. Z. Sportmed.* 5 (1981), 120-127.
- Schnabel, G.: "Zur Terminologie der Bewegungslehre". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 14 (1965), 775-786.
- Schnabel, G.: "Zur Bewegungskoordination". *Wissenschaftl. Z. der DHfK*, Leipzig, 10 (1968), 1, 13-32.
- Schnabel, G.: "Die koordinativen Fähigkeiten und das Problem der Gewandtheit". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 22 (1973), 263-269.
- Schnabel, G.: "Koordinative Fähigkeiten im Sport - ihre Erfassung und zielgerichtete Ausbildung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), 627-632.
- Schnabel, G.: "Bewegungskoordination". En: Rieder, H. (ed.), *Bewegungslehre des Sports*. Sammlung grundlegender Beiträge II, Hofmann Verlag, Schorndorf 1977, pp. 16-58.
- Schnabel, G.: "Sportliche Technik und Bewegungskoordination als wesentlicher Leistungsfaktor". *Medizin und Sport* 27 (1987), 154-159.
- Schnabel, G., C. Müller: "Wesen, Funktion und Eigenschaften der methodischen Prinzipien im sportlichen Training". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 37 (1988), 95-101.
- Schnabel, G., G. Thieß (eds.): *Lexikon Sportwissenschaft, Leistung - Training - Wettkampf*. Tomo 2, Verlag Sport und Gesundheit, Berlin, 1993.
- Schnack, G.: *Intensivstretching und Ausgleichsgymnastik*. 2^a ed., Deutscher Ärzte Verlag, Colonia 1994.
- Schnauber, H., R. Singer: "Untersuchung des Kraftverlaufs beim Tiefstart". *Leistungssport* 5 (1975), 433-438.
- Schneider, F., H. Zerbes, H.-C. Götte, K. Kühne: "Die Rolle der Nahrungseiweiße in der Sportlernahrung". *Medizin und Sport* 21 (1981), 183-187.

- Schneider, P. G.: "Nutzen und Gefahren des Sports für den Hal-
tungs- und Bewegungsapparat". *Münch. Med. Wschr.* 119
(1977), 167-170.
- Schober, H., W. Kraft, G. Wittekopf, H. Schmidt: "Beitrag zum
Einfluß verschiedener Dehnungsformen auf das muskuläre
Entspannungsverhalten des M. quadrizeps femoris". *Medizin
und Sport* 30 (1990), 88-91.
- Schoberth, H.: *Die Leistungsprüfung der Bewegungsorgane*. Urban
& Schwarzenberg, München – Berlin – Viena, 1972.
- Schoberth, H.: "Leistungssport und Wirbelsäule im Jugendal-
ter". *Leistungssport* 5 (1975), 267-273.
- Schoder, G. (ed.): *Skilaut in Theorie und Praxis*. CD Verlagsges.,
Stuttgart 1982.
- Schön, F. A.: "Licht- und elektronenmikroskopische Befunde am
Musculus vastus lateralis und ihr Bezug zu physiologischen
Meßgrößen bei Normalpersonen, Sportstudenten und Aus-
dauertrainierten". Tesis doctoral, Sporthochschule, Colonia,
1978.
- Scholich, M.: "Kreistraining". 3^a ed., *Theorie und Praxis der Kör-
perkultur* 21 (1972), Suplemento 2.
- Scholich, M.: "Kreistraining". Sportverlag, Berlin, 1979.
- Scholich, M.: "Zum Kreistraining, seiner Gestaltung und Trai-
ningswirkung". *Medizin und Sport* 24 (1984), 86-90.
- Scholich, M.: "Lauf-ABC – Fehler und Korrekturen". *Leich-
tathletiktraining* 4 (d1993), 5/6, 17-26.
- Schreiber, J., J. Biermann: "Der Einfluß unterschiedlicher phy-
sischer Trainingsmethoden auf das Blutdruckverhalten von
Hypertonikern". *Medizin und Sport* 22 (1982), 173-178.
- Schroeder, H.: *Lernwirksamer Unterricht, Beiträge der Lernpsy-
chologie zu einer neuzeitlichen Unterrichtsgestaltung*. Ehren-
wirth Verlag, München, 1977.
- Schröder, W.: "Merkmale eines sportartspezifischen Krafttrai-
nings". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 18 (1969), 992-
1001.
- Schröder, W.: "Methodische Hinweise zum Vermeiden von Ver-
letzungen im Krafttraining". *Theorie und Praxis der Körper-
kultur* 19 (1970), 31-40.
- Schröder, W.: "Die Berücksichtigung des biomechanischen Prin-
zips der Anfangskraft im Schnellkrafttraining". *Theorie und
Praxis der Körperkultur* 24 (1975), 929-932.
- Schubert, F.: *Psychologie zwischen Start und Ziel*, Sportverlag,
Berlin 1981.
- Schubert, F., H. Kirchgässner, B. Barth: "Zu Problemen der Opti-
mierung des Entscheidungsverhaltens bei Kampfsportlern".
Theorie und Praxis der Körperkultur 25 (1976), 419-432.
- Schuck, H.: "Psychologisches Starttraining im Schwimmsport".
Sportpsychologie 5 (1991), 2, 17-20.
- Schüler, K.: "Rotes Blutbild und Blutvolumen beim Sportler".
Medizin und Sport 10 (1970), 102-109.
- Schürch, P.: "Talent und Training im Ausdauersport". *Schweiz.
Z. f. Sportmed.* 23 (1976), 263-267.
- Schulte, E.: "Satellite cell behavior during skeletal muscle
growth and regeneration". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.*
21 (1989), suppl., págs, 181-186.
- Schultz, J. H.: *Das autogene Training. Konzentrierte Selbstents-
pannung, Versuch einer klinisch-praktischen Darstellung*. 16^a
ed., Thieme Verlag, Stuttgart, 1979.
- Schwabe, U.: "Entwicklung der Laufausdauer – Frust oder Freu-
de?". *Körpererziehung* 43 (1993), 217-218; 223-225.
- Schwabinger, G., H. Pessenhofer, P. Schmid, W. Wolf, N. San-
seng: "Grundlagen der aeroben Leistungsdiagnostik". *Österr.
J. Sportmed.* 12 (1982), 3-10.
- Schwabinger, G., H. Pessenhofer, P. Schmid, N. Sauseng, H. Kö-
nig, H. Konrad, R. Tschetschounik, C. Fritsch, J. Keul: "Ver-
gleichende Labor- und Felduntersuchungen zur trainingsbe-
gleitenden Leistungsdiagnostik bei Mittelstreckenläufern
und Schwimmern". *Leistungssport* 14 (1984), 4, 25-31.
- Schwalb/Behrens: "Die Wirkung eines körperlichen Trainings
auf die Herz-Kreislauffunktion von Hypertonikern". *Medizin
und Sport* 12 (1972).
- Schwandt, P.: *Die koronaren Risiken*. Sandoz-AG, Nürnberg
1975.
- Schwarke, K., W. Hageloch, R. Meyer, H. Weikker: "Verhalten
des Purinnukleotidzyklus bei erschöpflicher Belastung –
Feldstudie an 3000 m- und 3 _ 1000 m-Läufern. En: Rieck-
kert, H. (eds.), *Sportmedizin - Kursbestimmung*, Springer Ver-
lag, Berlin, 1987, pp. 447-452.
- Sedlacek, J.: "Maximálna rychlost, rychlostna bariera a vytrava-
lost v rychlosti v treningu sprinterov". *Tel. vych. a Sport* 1
(1991), 1, 21-23.
- Seifert, G.: "Zum Problem des beidseitigen Übens im Gerätturn-
en". *Körpererziehung* 18 (1968), 574-579.
- Seiler, T. B.: "Überlegungen zu einer kognitionstheoretischen
Fundierung des Konstrukts der kognitiven Komplexität".
En: Mandl, H., G. L. Haber (eds.). *Kognitive Komplexität*.
Verlag für Psychologie, Hogrefe, Göttingen, 1978, pp. 111-
139.
- Seip, R. L., D. Snead, E. F. Pierce, P. Stein, A. Weltman: "Percep-
tual responses and blood lactate concentration: effect of train-
ing state". *Med. Sci. Sports Exerc.* 1 (1991), 80-87.
- Seito, K. y cols.: "Studien des Zusammenhanges zwischen kör-
perlicher und geistiger Ermüdung". *Arbeitsmedizin, Sozial-
medizin, Arbeitshygiene* 6 (1971), 113-116.
- Senger, H.: "Die Wirkung von Laktat auf das funktionelle Ver-
halten von Skelettmuskelmitochondrien der Ratte". *Medizin
und Sport* 15 (1975), 78 s.

- Senger, H., R. Donath: "Zur Regulation der oxydativen Substratverwertung im Muskel bei erhöhtem ATP-Umsatz". *Medizin und Sport* 17 (1977), 391-401.
- Sermejew, B. W.: "Der Einfluß von speziellen Übungen auf die Beweglichkeit der Schüler". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 13 (1964), 434-436.
- Seth, G.: "Eye-hand co-ordination and 'handedness': a developmental study of visuo-motor behaviour in infancy". *Brit. J. of Educ. Psychol.* 43 (1973), 35-49.
- Shaver, L. G.: "Effects of training on relative muscular endurance in ipsilateral and contralateral arms". *Med. and Sci. in Sports* 2 (1970), 165-171.
- Shaver, L. G.: "Endurance in ipsilateral and contralateral arms: Influence of training and inactivity". *Arch. of Phys. Med. & Rehab.* 54 (1973), 505-510.
- Shaver, L. G.: "The relationship between maximum isometric strength and relative isotonic endurance of athletes with various degrees of strength". *J. of Sports Med. Phys. Fitness* 13 (1973), 231-237.
- Shaw, W. A.: "The relation of muscular action potentials to imaginal weightlifting". *Arch. Psychol.* 35 (1940), 1-50.
- Shilkina, L. G., J. P. Kabatschkowa, W. P. Filin: "Eine Methode zur Beurteilung des Entwicklungsniveaus der speziellen Ausdauer von jungen Sportlern". *Leistungssport* 3 (1973), 433-437.
- Siegel, J. M.: "Behavioral functions of the reticular formation". *Brain Res. Reviews* 1 (1979), 69-105.
- Siegenthaler, W. (ed.): *Klinische Pathophysiologie*. 2^a ed., Thieme Verlag, Stuttgart, 1973.
- Silberschmidt, G.: "Beidseitiges Lernen". Trabajo de diplomatura, Zürich, 1986.
- Silverberg, R., L. K. Obler, H. W. Gordon: "Handedness in Israel". *Neuropsychologia* 17 (1979), 83-87.
- Simkin, N. W.: *Physiologische Charakteristik von Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer*. DHfK Leipzig (ed.), Sportverlag, Berlin, 1960.
- Simon, G. y cols.: "Herzfrequenz-und Stoffwechselverhalten bei spiroergometrischer und wettkampfspezifischer Belastung". *Dt. Z. Sportmed.* 30 (1979), 11-22.
- Simon, G., G. Huber, H.-H. Dickhuth, J. Keul: "Herzfrequenzen und Lactatverhalten von Skilangläufern bei Laufbandergometrie und wettkampfspezifischem Training". *Leistungssport* 9 (1979), 117-120.
- Simon, G., A. Berg, H.-H. Dickhuth, A. Simon-Alt, J. Keul: "Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit vom Alter und von der Leistungsfähigkeit". *Dt. Z. Sportmed.* 32 (1981), 7-14.
- Simons, D., R. Krause: Skinners Beitrag zum motorischen Lernen. *Sportwissenschaft* 7 (1977), 260-271.
- Singer, R.: "Allgemeine methodische Probleme der Talentbestimmung im Sport". En: Augustin, D., N. Müller (eds.). *Leichtathletik im Spannungsfeld von Wissenschaft und Praxis*. Schors Verlag, Niedernhausen/Ts. 1981, pp. 14-27.
- Singer, R. N.: "Psychomotorik – ein Überblick". En: Rieder, H. (ed.). *Bewegungslehre des Sports. Sammlung grundlegender Beiträge* II. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1977, pp. 120-140.
- Singer, R. N.: "A Systems model of human motor behavior". *Sportwissenschaft* 7 (1977), 247-259.
- Singer, R. N.: *Motorisches Lernen und menschliche Leistung*. Limpert Verlag, Bad Homburg, 1985.
- Sinz, R.: "Neurophysiologie und biochemische Grundlagen des Gedächtnisses". En: Klix, F., H. Sydow (eds.). *Zur Psychologie des Gedächtnisses*. Huber Verlag, Berna, 1977.
- Siris, P. S.: "Das Wachstumstempo der motorischen Eigenschaften – Ein Faktor der potentiellen Möglichkeiten von Sportlern". *Leistungssport* 4 (1974), 339-342.
- Sjöström, M., J. Lexell, A. Eriksson, C. C. Taylor: "Evidence of fiber hyperplasia in human skeletal muscles from healthy young men?". *Europ. J. Appl. Physiol.* 62 (1991), 301-304.
- Smieskohl, H.: "Die Rolle des ideomotorischen Trainings beim Erlernen sportlicher Bewegungsfertigkeiten". En: Däumling, M. y cols., *Beiträge zum mentalen Training*. Limpert Verlag, Francfort, 1973, pp. 149-173.
- Smith, E. L.: "Exercise for prevention of osteoporosis. A review". *Physician and Sports Med.* 10 (1982), 72-83.
- Smith, E. L.: "Osteoporose - Turnen tut gut". *Medical Tribune* 17 (1982), 37, 19.
- Smith, J. L., R. S. Hutton, E. Eldred: "Postcontraction changes in sensitivity of muscle afferents to static and dynamic stretch". *Brain Res.* 78 (1974), 193-202.
- Sobotka, R.: *Formgesetze der Bewegungen im Sport*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1974.
- Söll, W.: "Zum Problem der Entwicklung koordinativer Fähigkeiten". *Sportunterricht* 26 (1977), 92-97.
- Sölveborn, S. A.: *Das Buch vom Stretching – Beweglichkeitstraining durch Dehnen und Strecken*. Mosaik Verlag, München, 1983.
- Sologub, J. B.: "Elektroenzephalographische Untersuchungen über die Entwicklung des Trainingszustandes bei Sportlern". En: Pickenhain, L. (ed.). *Anpassungsmechanismen an sportliche Belastung*. pp. 27-44, Barth, Leipzig, 1982.
- Somolov, E. N.: "Neuronal models and the orienting reflex". En: Brazier, M. A. B. (ed.). *CNS and behavior*. Nueva York, 1960, pp. 187-276.
- Sonnenschein, I.: *Das Kölner Psychoregulationstraining*. 2^a ed., bps-Verlag, Colonia, 1985.

- Späth, K.: "Grundlagen der Seitigkeit mit besonderer Berücksichtigung der Händigkeit und ihre Bedeutung für den Sport". Trabajo para la test de acceso a la enseñanza media, Erlangen, 1989.
- Spennemann, D. H. R.: "Handedness data of the European neolithic". *Neuropsychologia* 22 (1984), 613-615.
- Spennemann, D. H. R.: "On the origins and development of handedness in humans – some remarks on past and current theories". *Homo* 36 (1985), 121-141.
- Sperling, O.: Sport und Wachstum. *Leistungssport* 5 (1975), 71-73.
- Sperry, R. W.: "Cerebral Organisation and behavior". *Science* 133 (1961), 1749-1757.
- Spilker, H.-J.: "Mentales und autogenes Training im Hochleistungsbereich der Leichtathletik". *Die Lehre der Leichtathletik* (1976), 89; 92; 128.
- Spille, G.: Über Rechts-, Links- und Beidseitigkeit im Sport. *Leibeserziehung* 8 (1959), 46-51.
- Spiro, W. W.: "Hemispheric lateralisation and orientation in compensatory and voluntary movement". En: Stelmach, G. E. (ed.). *Information processing in motor control and learning*. Academic Press, Nueva York, 1978, pp. 289-309.
- Spitz, L.: "Probleme der Steuerung und Optimierung des Trainingsprozesses unter dem Aspekt der Vorbereitung auf die Olympischen Spiele 1976". *Leistungssport* 5 (1975), 439-452.
- Spitz, L., J. Schnell: *Muskeln Sie sich*. Tomos 1 y 2, edición propia, Egelsbach, 1983.
- Spreng, M.: "Elektronisch-rechenmaschinelle EMG-Auswertung und elektrische Muskelstimulation". *Sportarzt u. Sportmed.* 25 (1974), 146-154.
- Spring, H.: "Was bringt Stretching?". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 33 (1985), 21-24.
- Spring, H., U. Illi, H.-R. Kunz, K. Röthlin, W. Schneider, T. Tritschler: *Dehn- und Kräftigungsgymnastik*. Thieme Verlag, Stuttgart – Nueva York, 1986.
- Springer, S. P., G. Deutsch: *Linkes rechtes Gehirn: funktionelle Asymmetrien*. Spektrum-der-Wissenschaft-Verlagsges., Heidelberg, 1987.
- Stadler, R., W. Bucher (red.): Erfolg mit beiden Seiten. Edición propia, Dübendorf/Unterägeri, 1986.
- Stämpfli, R.: "Allgemeine Erregungsphysiologie der Nervenzellmembran". En: ten Bruggencate, G. y cols., *Allgemeine Neurophysiologie*. 3ª ed., Urban & Schwarzenberg, München – Viena – Baltimore, 1980.
- Stanforth, D., P. R. Stanforth, K. S. Velazquez: "Aerobic requirement of bench stepping". *Int. J. Sports Med.* 14 (1993), 129-133.
- Starischka, S.: *Trainingsplanung*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1988.
- Starischka, S., P. Tschiene: "Anmerkungen zur Trainingssteuerung". *Leistungssport* 7 (1977), 275-281.
- Stark, G.: "Sporttechnisches Training und zwei grundlegende Prinzipien der Leistungsentwicklung". *Theorie u. Praxis Leistungssport* 22 (1984), 12, 3-12.
- Stark, G.: "Zur weiteren Erschließung des Faktors Sporttechnik und zur Erhöhung der Wirksamkeit des sporttechnischen Trainings in Vorbereitung auf die Wettkampfhöhepunkte bis 1988". *Theorie u. Praxis Leistungssport* 24 (1986), 3, 6-34.
- Stark, H., T. Ott, H. Matthies: "Effects of neurohormones on memory consolidation". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlin, 1979, pp. 313-317.
- Starosta, W.: "Das Lehren der Technik und die Technikverbesserungen in den Individualsportarten". *Leistungssport* 18 (1988), 3, 40-44; 4, 16-22.
- Starosta, W., P. Hirtz: "Zur Existenz sensibler und kritischer Perioden in der Entwicklung der Bewegungskoordination". *Leistungssport* 19 (1989), 6, 11-16.
- Stebbins, R. J.: "A comparison of the effects of physical and mental practice on the learning of a motor skill". *Res. Quart* 39 (1968), 714-720.
- Stegmann, H., W. Kindermann: "Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle bei unterschiedlich Ausdauertrainierten aufgrund des Verhaltens der Laktatkinetik während der Arbeits- und Erholungsphase". *Dt. Z. Sportmed.* 8 (1981), 213 s.
- Stegemann, J.: "Zum Mechanismus der Pulsfrequenzeinstellung durch den Stoffwechsel" (I. bis IV. Mitteilung). *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 276 (1963), 481-524.
- Stegemann, J.: *Leistungsphysiologie*. Thieme Verlag, Stuttgart, 1971.
- Stein, F.: "Der natürliche Drehsinn". *Der Sportarzt* 10 (1959), 84-85.
- Stein, R.: "Die Beschleunigungsfähigkeit bestimmt die Sprintleistung". *Leichtathletiktraining* 4 (1993), 5/6, 33-36.
- Stein, R.: "Für Sprinter – Training für den März". *Leichtathletiktraining* 5 (1994), 3, 16-18.
- Stein, R.: "Jahresperiodisierung für die Wettkampfperiode 1993/94". *Leichtathletiktraining* 4 (1993), 8, 9-12.
- Stein, R.: "Verbesserung der Schnelligkeit". *Leichtathletiktraining* 4 (1993), 7, 33-35.
- Steinbach, M.: "Händigkeit und Beinigkeit – Ein Beitrag zur Frage der Dominanz einer Hemisphäre". *Der Nervenarzt* 35 (1964), 299-303.

- Steinbach, M.: "Der menschliche Schnellläufer". *Sportarzt u. Sportmed.* 17 (1966), 7-13; 102-107.
- Steinbach, M.: "Autogenes Training im Leistungssport". *Condition* 13 (1973), 12.
- Steinbrück, K., H. M. Sommer: "Orthopädische Probleme beim Tennisspielen im Breiten- und Leistungssport". En: Heck, H. y cols. (eds.), *Sport: Leistung und Gesundheit*. Deutscher Ärzte-Verlag, Colonia, 1983, pp. 645-648.
- Steiner, G. (ed.): *Piaget und die Folgen*. Kinder Verlag, Zürich, 1978.
- Steiner, G.: *Visuelle Vorstellungen beim Lösen von elementaren Problemen. Über die Wirkung visueller Vorstellungen und ihr Verhältnis zum visuellen Wahrnehmen*. Klett Verlag, Stuttgart 1980.
- Steiner, H.: "Mentales Training". En: Gabler, H. y cols. (eds.), *Psychologische Diagnostik und Beratung im Leistungssport*. pp. 223-238, Deutscher Sportbund, Frankfurt/M., 1985.
- Steinhöfer, D.: "Zur Terminologie und Abgrenzung der Trainingsmethoden". *Leistungssport* 23 (1993), 6, 44-50.
- Steinmann, W.: "Krafttraining im Sportunterricht". *Sportunterricht* 39 (1990), 326-339.
- Stelmach, G. E., J. L. Barber: "Interpolated activity in short-term memory". *Perceptual and Motor Skills* 30 (1970), 231-234.
- Stemme, F., K.-W. Reinhardt: *Supertraining – Mit mentalen Techniken zur Spitzenleistung*. 2ª ed., Econ-Verlag, Düsseldorf - Viena - Nueva York, 1989.
- Stemmler, R.: "Zur Erprobung einer Testbatterie für die Kontrolle der körperlichen Leistungsfähigkeit im Sportunterricht". *Medizin und Sport* 16 (1976), 166-170.
- Stemmler, R.: "Entwicklungsschübe in der sportlichen Leistungsfähigkeit". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 278-284.
- Stiehler, G. y cols.: *Methodik des Sportunterrichts*. Volk und Wissen, Berlín 1976.
- Stiehler, G., I. Konzag, H. Döbler y cols.: *Sportspiele*. Sportverlag, Berlín, 1988.
- Stoboy, H.: "Neuromuskuläre Funktion und körperliche Leistung". En: Hollmann, W. (ed.). *Zentrale Themen der Sportmedizin*. Springer Verlag, Berlín - Heidelberg - Nueva York, 1972, pp. 16-42.
- Stoboy, H.: "Theoretische Grundlagen zum Krafttraining". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 21 (1973), 149-162.
- Stoboy, H.: "Das Krafttraining und seine Beziehung zu verschiedenen Sportarten". *Sportwissenschaft* 14 (1984), 9-31.
- Stone, M. H.: "Implications for connective tissue and bone alterations resulting from resistance exercise training". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 20 (1988), suppl., pp. 162-168.
- Strähl, E.: "Lehrbildreihen im sportmotorischen Lernprozeß". *Jugend und Sport* 35 (1978), 155-159.
- Strangfeld, D., H.-J. Winterfeld, H. Siewert, J. Belkner, S. Uter: "Störungen der Belastungsanpassung und ihre Beeinflussung durch kreislauftrainierende Maßnahmen bei jugendlichen Patienten mit essentieller Hypertonie". *Medizin und Sport* 22 (1982), 66-68.
- Strata, P.: "Das Kleinhirn". En: Haase, J. y cols. (eds.). *Sensomotorik*. Urban & Schwarzenberg, München - Berlín - Viena, 1976.
- Strauzenberg, S. E.: "Umstellung und Anpassung des kardiovaskulären Systems bei sportlicher Belastung". *Medizin und Sport* 18 (1978), 164-171.
- Strauzenberg, S. E.: "Grundbedingungen für die Belastungsgestaltung zur gerichteten Beeinflussung der Herz-Kreislauf- und Stoffwechselfunktion bei Erwachsenen durch Freizeit- und Erholungssport". *Medizin und Sport* 19 (1979), 36-41.
- Strauzenberg, S. E.: "Zur Trainingsbehandlung bei Hypertonie". *Medizin und Sport* 22 (1982), 161-164.
- Strauzenberg, S. E., C. Clausnitzer: "Die Bedeutung der Erfassung der Steroiddynamik für die Beurteilung der Ermüdung nach körperlichen Belastungen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 21 (1972), 1133-1134.
- Strauzenberg, S. E., H. Clausnitzer: "Beitrag zur Beeinflussung des Serumcholesterolspiegels durch Körperübungen und Sport". *Medizin und Sport* 12 (1972), 239-241.
- Strauzenberg, S. E., H. Schwidtmann: "Sportliche Belastung und Herzfunktion". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 492-502.
- Strick, P. L.: "Control of peripheral input to the dentate nucleus by motor preparation". En: Massion, J., K. Sasaki (eds.). *Cerebro-cerebellar interactions*. North-Holland Biomedical Press, Amsterdam - Nueva York - Oxford 1979.
- Strick, P. L., J. D. Preston: "Multiple representation in the primate motor cortex". *Brain Res.* 154 (1978), 366-370.
- Strohmeier, M.: "Verhalten von Atmung, Stoffwechsel und Rektaltemperatur auf Kälte- und Wärmebelastung bei Personen im autogenen Training". Tesis doctoral, Würzburg, 1981.
- Struppler, A.: "Neuere Vorstellungen über die Kontrolle der Motorik". *Krankengymnastik* 29 (1977), 644-651.
- Stuart, D. G., E. Eldred, A. Hemingway, Y. Kawamura: "Neural regulation of the rhythm of shivering". En: Herzfeld, C. M. (ed.). *Temperature, vol. 3, parte 3: Biology and medicine*. Reinhold Book Corp., Nueva York, 1963.
- Stucke, K. y cols.: "Der Einfluß oraler Magnesiumzufuhr auf die Leistungsfähigkeit des menschlichen Organismus unter standardisierter ergometrischer Belastung". *Dt. Z. Sportmed.* 30 (1979), 22-27.
- Stübler, H. y cols.: "Tests in der Sportpraxis". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 15 (1966), 386-535.

- Stull, G., D. Clarke: "Patterns of recovery following isometric and isotonic strength decrement". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 3 (1971), 135-139.
- Sturm, H.-J.: *Biofeedback. Grundlagen, Probleme, sportbezogene Anwendungsmöglichkeiten*. Sporthochschule Colonia, 1978.
- Sturm, M.: "Was bedeutet L-Camitin für den Ausdauersportler". *TW Sport + Med.* 4 (1992), 170-173.
- Sullivan, M. K., J. J. DeJulia, T. W. Worrell: "Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 24 (1992), 1383-1389.
- Suslow, F. P.: "Über die moderne Trainingsmethodik im 800-m-Lauf der Frauen". *Leistungssport* 3 (1973), 247-249.
- Sutton, J. R.: "Exercise training at the altitude: does it improve endurance performance?". *Sports Sci. Exchange* (1993), 4.
- Svedenhag, J., J. Seger: "Running on land and in water: comparative exercise physiology". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 24 (1992), 1155-1160.
- Syer, J., C. Connolly: *Psychotraining für Sportler*. Rowohlt Verlag, Reinbek bei Hamburg, 1987.
- Szabo, S. y cols.: "Die Beziehung zwischen Knochenlebensalter, funktionellen anthropometrischen Daten und der aeroben Kapazität". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 20 (1972), 109-114.
- Szmodis, I.: "Exercise effects on the time of reactions to auditory stimuli". *Europ. J. Appl. Physiol.* 37 (1977), 39-46.
- Tabachnik, B.: "Neue effektive Mittel für die Entwicklung der Sprintschnelligkeit". *Leistungssport* 21 (1991), 3, 51-53.
- Tabachnik, B.: "Fragen der 'Speed Chute'-Anwendung für die Entwicklung der Sprintschnelligkeit". *Leistungssport* 22 (1992), 4, 23-25.
- Tabary, J. C., C. Tabary, C. Tardieu, G. Tardieu, G. Goldspink: "Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different length by plaster casts". *J. Physiol.* 224 (1972), 231-244.
- Tabatschnik, B. I.: "Zur Verbesserung der Reaktionsschnelligkeit von jugendlichen Sportlern". *Leistungssport* 6 (1976), 186-188.
- Talag, T. T.: "Residual muscular soreness influenced by concentric, eccentric, and static contractions". *Res. Quart.* 44 (1973), 458.
- Talyschjow, F.: "Training und Wiederherstellung". *Die Lehre der Leichtathletik* (1973), 1637; 1640.
- Tamaki, T., S. Uchiyama, S. Nakano: "Aweight-lifting exercise model for inducing hypertrophy in the hindlimb muscles of rats". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 24 (1992), 881-886.
- Tanaka, H., M. Shindo: "Running velocity at blood lactate threshold of boys aged 6-15 years compared with untrained and trained young males". *Int. J. Sports Med.* 6 (1985), 90-94.
- Tanaka, R.: "Inhibitory mechanism in reciprocal innervation in voluntary movements". En: Desmedt, J. E. (ed.). *Spinal and supraspinal mechanisms of voluntary motor control and locomotion*. Karger, Basilea, 1980.
- Tanigawa, M. C.: "Comparison of the hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length". *Physical Therapy* 52 (1972), 725-735.
- Tansley, J.: "Glendale's tow training for Sprinters". *Track Technique* 78 (1980), 2473-2475.
- Tauchel, U., A. Bär: "Erste Erfahrungen zur isometrischen Muskelkraftbestimmung der Bauch- und Rückenmuskulatur in der Sportart Gewichtheben und praktische Schlussfolgerungen für den Trainingsprozeß". *Medizin und Sport* 29 (1989), 203-206.
- Tauchel, U., B. Müller: "Untersuchungen zu Muskelfunktionsstörungen im Kindesalter und die Bedeutung des arthromuskulären Gleichgewichts für die sportliche Belastung". *Medizin und Sport* 26 (1986), 120-125.
- Taylor, A., R. Lappage, S. Rao: "Skeletal muscle glycogen stores after submaximal and maximal work". *Med. and Sci. in Sports* 3 (1971), 75-78.
- Taylor, A., M. Booth, S. Rao: "Human skeletal muscle phosphorylase activities with exercise and training". *Canad. J. Physiol. Pharm.* 50 (1972), 1038-1042.
- Teipel, D.: *Bewegungslernen und visuelle Kontrolle. Eine theoretische und experimentelle Studie zur Bedeutung der visuellen Kontrolle beim Erlernen einer fémotorischen Bewegung*. Sporthochschule Colonia, 1979.
- Ter-Owanesjan, A.: "Die technische und taktische Vorbereitung im Training". *Der Deutsche Schwimmsport* 21 (1971), 14, supplemento: Für die Mappe des Technikers 1-4.
- Terry, P.: *Mental zum Sieg: Ängste erkennen, Motivation steuern, sportliche Leistung steigern*, BLV Verlagsges. München – Viena – Zürich, 1990.
- Tesch, P. A.: "Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 20 (1988), suppl., pp. 132-134.
- Tesch, P. A., D. S. Sharp, W. L. Daniels: "Influence of fiber type composition and capillary density on onset of blood lactate accumulation". *Int. J. Sports Med.* 2 (1981), 252-255.
- Tesch, P. A., L. Larsson: "Muscle hypertrophy in bodybuilders". *Europ. J. Appl. Physiol.* 49 (1982), 301-306.
- Texier, A.: "Kampfspiele". *Sportpädagogik* 12 (1988), 4, 22-25.
- Thach, W. T.: "Cerebellar Output: properties, synthesis and uses". *Brain Res.* 40 (1972), 89-97.
- Thépaut-Mathieu, C.: "Renforcement musculaire unilatéral – Consequence sur le côté entraîné: Amélioration de la force maximale". *Science & Motricité* 7 (1993), 20, 15-34.
- Thépaut-Mathieu, C., J. van Hoecke, B. Maton: "Myoelectrical and mechanical changes linked to length specificity during isometric training". *J. of Appl. Physiol.* 64 (1988), 1500-1505.

- Théraulaz, B.: "Utilisation de l'ergojump en Volleyball". Trabajo de diplomatura (Cours d'entraîneurs CNSE I 1992/1993), Lausanne, 1993.
- Thiéry, C.: "Die Entspannung und das psychotonische Training". *Leistungssport* 2 (1972), 286-294.
- Thieß, G. y cols.: "Trainingstermini". 2ª ed., *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976). Suplemento 1/2.
- Thieß, G.: "Grundregeln der Ausbildung der sportlichen Technik im Anfängertraining von Kindern". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 41-43.
- Thieß, G.: "Wir brauchen eine Wettkampflehre!". *Leistungssport* 24 (1994), 1, 5-9.
- Thieß, G., H. Gropler: "Die Ausbildung der sportlichen Technik im Anfängertraining von Kindern". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 199-201.
- Thieß, G., G. Schnabel, R. Baumann (eds.): *Training von A bis Z*. 2ª ed., Sportverlag, Berlin, 1980.
- Thoden, U.: "Neurophysiologische Terminologie". En: Haase, J. y cols. (eds.). *Sensomotorik*. Urban & Schwarzenberg, München - Berlin - Viena, 1976.
- Tholey, P.: "Erkenntnistheoretische und systemtheoretische Grundlagen der Sensomotorik aus gestalttheoretischer Sicht". *Sportwissenschaft* 10 (1980), 7-35.
- Thomas, A.: "Handlung und Bewegung als Gegenstand psychologischer Forschung". En: Thomas, A. (ed.). *Psychologie der Handlung und Bewegung*. Hain Verlag, Meisenheim, 1976, pp. 1-10.
- Thomas, A.: "Handlungspsychologische und psychomotorische Prozesse beim Training bewegungszentrierter Sportarten". *Sportwissenschaft* 7 (1977), 285-296.
- Thomas, A.: *Einführung in die Sportpsychologie*. Verlag für Psychologie. Hogrefe, Göttingen, 1978.
- Thomas, A. (ed.): *Sportpsychologie. Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen*. Urban & Schwarzenberg. München - Berlin - Viena, 1982.
- Thomas, A. y cols.: "Untersuchung handlungspsychologischer Faktoren im sportlichen Übungsprozeß". Informe de investigación. Münster, 1975.
- Thomas, A., D. Simons, R. Brackhane: *Handlungspsychologische Analyse sportlicher Übungsprozesse*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1977.
- Thorhauer, H.-A.: "Der Einfluß von Information und Erfahrung auf Prozesse des motorischen Lernens". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), 70-77.
- Thorstensson, A., B. Sjödin, J. Karlsson: "Enzyme activities and muscle strength after 'sprint training' in man". *Acta Phys. Scand.* 94 (1975), 313-318.
- Tiberi, M., E. Böhle, E. Zimmermann, H. Heck, W. Hollmann: "Vergleichende Untersuchungen zwischen Conconi- und Laktatschwellen auf dem Laufband bei Mittelstreckenläufern". *Dt. Z. Sportmed.* 12 (1989), 410-412.
- Tidow, G.: "Modell zur Technikschiulung und Bewegungsbeurteilung in der Leichtathletik". *Leistungssport* 11 (1981), 264-277.
- Tidow, G., K. Wiemann: "Zur Interpretation und Veränderbarkeit von Kraft-Zeit-Kurven bei explosiv-ballistischen Kräfteinsätzen". *Dt. Z. Sportmed.* 44 (1993), 92-103 (Teil I); 136-150 (Teil II).
- Tihanyi, J.: "Die physiologischen und mechanischen Grundprinzipien des Krafttrainings". *Leistungssport* 17 (1987), 2, 38-44.
- Tihanyi, J., P. Apor, G. Fekete: "Zusammenhang zwischen ausgewählten Absprungmerkmalen und der Faserzusammensetzung der Oberschenkel- und Wadenmuskulatur". *Leistungssport* 13 (1983), 4, 49-53.
- Timmermann, H.: "Das Rechts-Links-Problem beim Üben mit Kindern". *Praxis der Leibesübungen* 9 (1968), 11.
- Tittel, K., H. Schmidt: "Die funktionelle Anpassungsfähigkeit des passiven Bewegungsapparates an sportliche Belastungen". *Medizin und Sport* 14 (1974), 129-134.
- Tiwald, H.: "Zur Theorie des mentalen Trainings". *Leibesübungen - Leibeserziehung* 26 (1972), 98-102.
- Tiwald, H.: *Psycho-Training im Kampf- und Budo-Sport*. Czwalina, Ahrensburg bei Hamburg, 1981.
- Tiwald, H., K. Stripp: *Psychologische Grundlagen der Bewegungs- und Trainingsforschung, Einführung in das psychologische Denken für Sportler, Trainer, Sportpädagogen und Sportpolitiker*. Achenbach Verlag, Gießen - Lollar/Lahn, 1975.
- Töpel, D.: "Die Belastungsgestaltung unter den Bedingungen der zeitweiligen Akzentuierung von Sportarten im Sportunterricht". *Medizin und Sport* 16 (1976), 171-173.
- Töpel, D., B. Wassermann: "Zum Zusammenhang von Schnellkraftfähigkeiten und sportlichen Fertigkeiten". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 26 (1977), 215-218.
- Tokmakidis, S., L. Leger, A. Fotis, J. Y. Roy: "The Conconi's heart rate and the lactate 'anaerobic thresholds'". *Med. Sci. Sports Exerc.* 19, Suppl. (1987), 17.
- Tonn, H.-J.: "Über die Empfindlichkeit des Atemzentrums und die chemische Wärmeregulation bei der Gesamtumschaltung durch das autogene Training". Tesis doctoral, Würzburg 1977.
- Travis, L. E.: "The effect of a small audience upon hand-eye coordination". *J. Abnorm. Soc. Psychol.* 20 (1925), 142-146.
- Triebe, J. K.: "Über den Einfluß von Variablen des kognitiven Stils auf das mentale Training einer sensumotorischen Fertigkeit". En: Däumling, M. y cols., *Beiträge zum mentalen Training*. Limpert Verlag, Frankfurt 1973, pp. 11-51.
- Trincker, D.: *Taschenbuch der Physiologie*. Tomos III,1 y III,2. Fischer Verlag, Stuttgart 1974/1977.

- Tröger, M., P. E. Nowacki, P. de Castro, T. Breidenbach, H. Teschenmacher: "Veränderungen des β -Endorphin-Spiegels im Plasma von Skilangläufern und untrainierten Normalpersonen bei erschöpfender Belastung". En: Kindemann, W., W. Hort (eds.). *Sportmedizin für Breiten- und Leistungssport*. De-meter Verlag, Gräfelfing, 1980, pp. 79 – 84.
- Tschesnokow, A. S.: "Über die Auslese von Kindern für den Sport". *Leistungssport* 4 (1974), 335-338.
- Tschiene, P.: "Fragen des sportartspezifischen Schnellkrafttrainings in den leichtathletischen Wurf- und Stoßdisziplinen". *Leistungssport* 2 (1972), 3-9.
- Tschiene, P.: "Leichtere Bedingungen im speziellen Schnelligkeitstraining". *Die Lehre der Leichtathletik* (1973), 197-200.
- Tschiene, P.: "Zur Doppelperiodisierung im DLV-Bereich". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 1017-1020.
- Tschiene, P.: "Zum finnischen Mittelstreckentraining: die Elastizitäts-Ausdauerübung". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 1053-1055.
- Tschiene, P.: "Gezielte Unterbrechungen im Prozeß der technischen Vervollkommnung". *Die Lehre der Leichtathletik* (1976), 1490-1526.
- Tschiene, P.: "Keine Tendenzwende im Krafttraining". *Leistungssport* 6 (1976), 400-405.
- Tschiene, P.: "Konkrete Vorstellungen über eine zeitgemäße und langfristig wirksame Gestaltung des Schülertrainings". *Leistungssport* 6 (1976), 176-181.
- Tschiene, P.: "Zu einigen aktuellen methodischen und strukturellen Fragen zum Hochleistungstraining". *Leistungssport* 6 (1976), 12-20.
- Tschiene, P.: "Zu einigen Fragen der Steuerung des Trainingsprozesses". *Leistungssport* 6 (1976), 492-502.
- Tschiene, P.: "Einige neue Aspekte zur Periodisierung des Hochleistungstrainings". *Leistungssport* 7 (1977), 379-382.
- Tschiene, P.: "Im Mittelpunkt: das spezielle Krafttraining". *Leistungssport* 7 (1977), 267-274.
- Tschiene, P.: "Kritische Überlegungen zu Talentsuche und -förderung". *Leistungssport* 9 (1979), 158-166.
- Tschiene, P.: "Ausdauerschulung als Grundlage der Verbesserung früher Sprintleistungen". *Die Lehre der Leichtathletik* (1980), 423; 430.
- Tschiene, P.: "Die zyklische Gestaltung des Trainings fortgeschrittener Werfer". DLV, Darmstadt 1980.
- Tschiene, P.: "Die neue 'Theorie des Trainings' und ihre Interpretation für das Nachwuchstraining". *Leistungssport* 19 (1989), 4, 11-17.
- Tschiene, P.: "Transformation von Trainingseffekten oder langfristig gezielte Anpassung durch Belastung?". *Leistungssport* 23 (1993), 6, 4-6.
- Tschiene, P. y cols.: "Moderne Tendenzen im Krafttraining des Hochleistungssports". *Suplemento de Leistungssport: Informationen zum Training*, 1, Limpert Verlag, Francfort/ Main 1975.
- Twining, W. E.: "Mental practice and physical practice in learning a motor skill". *Res. Quart.* 20 (1949), 432-435.
- Ueberschär, J.: "Sportmedizinische Aspekte des Höhentrainings". *TW Sport + Med.* 5 (1993), 213-217.
- Ulbrich, J.: "Über die Möglichkeit einer Auswahl von Sporttalenten im Kindesalter vom Gesichtspunkt der kardio-pulmonalen Leistungsfähigkeit". *Leistungssport* 3 (1973), 374-380.
- Ulbrich, J.: "Die Sporttalentbestimmung vom Gesichtspunkt der kardio-pulmonalen Leistungsfähigkeit". *Leistungssport* 4 (1974), 278-291.
- Ukran, M. L.: *Methodik des Turntrainings (Männer)*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1975.
- Ulich, E.: "Some experiments on the function of mental training in the acquisition of motor skills". *Ergonomics* 1 (1957/58), 411-419.
- Ulich, E.: "Untersuchungen über sensomotorisches Lernen". En: Heckhausen, H. (ed.). *Biologische und kulturelle Grundlagen des Verhaltens*. Informe sobre el 24º Congreso de la Sociedad Alemana de Psicología. Verlag für Psychologie. Hogrefe, Göttingen, 1965, pp. 363-367.
- Ulich, E.: "Training und Beanspruchung, Ein Forschungskonzept". *Sportwissenschaft* 2 (1972), 273-277.
- Ulich, E.: "Anstelle eines Vorwortes: Möglichkeiten des mentalen Trainings sensumotorischer Fertigkeiten". En: Däumling, M. y cols., *Beiträge zum Mentalen Training*. Limpert Verlag, Francfort 1973, pp. 7-10.
- Ulich, E.: "Über verschiedene Formen des Trainings für das Erlernen und Wiedererlernen psychomotorischer Fertigkeiten". *Rehabilitation* 13 (1974), 105-110.
- Ulich, E. y cols.: "Die Bedeutung verschiedener Trainingsmethoden für industrielle Anlernverfahren". Abschlussbericht zum Nationalfondsprojekt 1.728-0.72, Zürich, 1976.
- Ullmann, J. F.: *Psychologie der Lateralität*. Huber Verlag, Stuttgart – Berna, 1974.
- Ulmer, H.-V.: "Sportphysiologische Modelle zur Talentsuche für Ausdauersportarten". *Leistungssport* 3 (1973), 174-178.
- Ulmer, H.-V., R. Schneider, K. Krämer: "Talentsuche für Ausdauersportarten auf der Basis trainingsabhängiger und trainingsunabhängiger leistungsbestimmender Merkmale". *Sportarzt u. Sportmed.* 28 (1977), 69-72.
- Umbach, C., H. H. Fach: "Muskeltraining in der Schule". *Sportunterricht* 39 (1990), 353-362.
- Ungar, G.: "Transfer of learned behavior by brain extracts". *J. of biol. Psychol.* 9 (1967), 12-27.

- Ungar, G.: "Evidence for molecular coding of neural information". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. Plenum Press. Nueva York – Londres, 1973, pp. 317 ss.
- Ungar, G., D. M. Desiderio, W. Parr: "Isolation, identification, and synthesis of a specific behavior-induced brain peptide". *Nature* 238 (1972), 198-202.
- Ungerer, D.: *Leistungs- und Belastungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter*. 2ª ed., Hofmann Verlag. Schorndorf, 1970.
- Ungerer, D.: *Zur Theorie des sensomotorischen Lernens*. 3ª ed., Hofmann Verlag. Schorndorf, 1977.
- Ungerer, D., R. Daus: *Bewegungslehre*. En: Grupe, O. (ed.). *Einführung in die Theorie der Leibeserziehung und des Sports*. Hofmann Verlag. Schorndorf, 1980, 5ª ed., pp. 142-182.
- Urhausen, A.: "Abtraining oder das akute Entlastungssyndrom". *Leichtathletiktraining* 4 (1993), 4, 19 y *Handballtraining* 15 (1993), 12, 31.
- Urhausen, A., T. Kullmer, W. Kindermann "A 7-week follow-up study of the behaviour of testosterone and cortisol during the competition period in rowers". *Europ. J. Appl. Physiol.* 56 (1987), 528-533.
- Urhausen, A., M. Heckmann, W. Kindermann: "Ammoniakverhalten bei erschöpfender Ausdauerbelastung". *Dt. Z. Sportmed.* 39 (1988), 354-365.
- Urhausen, A., B. Coen, W. Kindermann: "Kritische Anmerkungen zum Conconi-Test in der Trainingssteuerung bei Leistungssportlern". *Die Lehre der Leichtathletik* (1988), 605-606.
- Urhausen, A., B. Coen, B. Weiler, W. Kindermann: "Bestimmung der anaeroben Schwelle mittels Conconi-Test und Laktatmessungen". *Dt. Z. Sportmed.* 40 (1989), 402-410.
- Urhausen, A., B. Coen, B. Weiler, W. Kindermann: "Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state". *Int. J. Sports Med.* 14 (1993), 134-139.
- Vester, F.: *Phänomen Streß*. Deutsche Verlagsanstalt. Stuttgart, 1976.
- Viani, J.-L., B. Calligaris, F. Commandre: "Entraînement isotonique par excitation électrique". *Med. du Sport* 49 (1975), 3, 38-41.
- Vihko, V. y cols.: "Selected skeletal muscle variables and aerobic power in trained and untrained men". *J. of Sports Med. Phys. Fitness* 15 (1975), 296-304.
- Viitasalo, J. T., J. Hirvonen, A. Mero: "Trainingseffekte des 'Schlepptrainings' auf die Laufschnelligkeit, die Maximal- und Explosivkraft". *Leistungssport* 12 (1982), 185-189.
- Vilkner, H.-J.: "Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen verschiedenen Arten der motorischen Reaktionsfähigkeit bei Schülern und Studenten". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 36 (1987), 35-43.
- Vilkner, J.: "Zur Entwicklung der motorischen Reaktionsfähigkeit". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979). Supplemento 1, 56-58.
- Villiger, B. y cols.: *Ausdauer*. Thieme Verlag. Stuttgart – Nueva York, 1991.
- Viru, A.: "Defense reaction theory of fatigue". *Schweiz. Z. f. Sportmed.* 23 (1975), 171-184.
- Viru, A., H. Äkke: "Effects of muscular work on cortisol and corticosteron content in the blood and adrenals of guinea pigs". *Acta endocrinol.* (Kbh.) 62 (1959), 385 s.
- Viru, A., P. Korge: "Metabolic processes and adrenocortical activity during marathon races". *Int. Z. f. angew. Physiol.* 29 (1971), 173-183.
- Völkel, E.: "Untersuchungen über Händigkeit beim Säugling". *Z. f. Kinderheilkunde* 8 (1913), 351.
- Vogt, M., H. Labitzke: "Zu Untersuchungen der Ausdauer bei 10-12jährigen Kindern". *Sport Wyczynowy* 8 (1970), 17.
- Vogt, U.: *Die Motorik 2- bis 6jähriger Kinder*. Hofmann Verlag. Schorndorf, 1978.
- Voigt, M.: "Systematisierung des Krafttrainings für den Sprint". *Training u. Wettkampf* 28 (1990), 1, 84-85.
- Volger, B.: "Bewegungslernen als Prozeß der Informationsverarbeitung". Manuscrito sin publicar, Oldenburg, 1981.
- Volkamer, M.: "Bewegungsvorstellung und Mentales Training". En: Koch, K. (ed.). *Motorisches Lernen – Üben – Trainieren*. Hofmann Verlag. Schorndorf 1972, pp. 137-150.
- Volkamer, M., V. Thomas: "Untersuchungen zum mentalen Training", *Die Leibeserziehung* 18 (1969), 401-407.
- Volkamer, M., K. Jessen, M. Medler: "Formen und Möglichkeiten des Mentalen Trainings". *Leistungssport* 1 (1971), 50-56.
- Volkov, N. I., V. I. Lapin: "Analysis of the velocity curve in sprint running". *Med. and Sci. in Sports* II (1979), 773-317.
- Volpert, W.: *Sensumotorisches Lernen*. Limpert Verlag. Francfort, 1971.
- Volpert, W.: *Optimierung von Trainingsprogrammen, Untersuchungen über den Einsatz des mentalen Trainings beim Erwerb einer sensumotorischen Fertigkeit*. 2ª ed., Achenbach Verlag. Lollar/Lahn, 1976.
- Volpert, W.: "Psychologische Handlungstheorie - Anmerkungen zu Stand und Perspektive". En: Volpert, W. (ed.). *Beiträge zur psychologischen Handlungstheorie*. Huber Verlag. Berna, 1980.
- Volpert, W. y cols.: "Bewegungsantizipation unmittelbar vor Ausführung einer sportmotorischen Tätigkeit". En: Hagedorn, G. (ed.). *Training im Mannschaftsspiel - Modell und Forschungsergebnisse*. Bartels & Wernitz. Berlín 1981, pp. 164-180.
- Vonstein, W.: "Sprinten im Grundlagentraining". *Leichtathletiktraining* 1 (1990), 3, 3-7.

- Voronin, L. G., R. A. Danilova: "Protein metabolism and conformational changes in synaptic structures during learning". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlin, 1979, pp. 121-124.
- Voß, G.: "Untersuchungen zur Stützzeit beim Sprint im Vorschulalter". Trabajo de diplomatura, Leipzig, 1982.
- Voss, G.: "Zu den Wechselbeziehungen zwischen Schnelligkeit und ausgewählten anderen Leistungsvoraussetzungen bei azyklischen Schnellkraftbewegungen und Möglichkeiten der Trainierbarkeit der Schnelligkeit". Tesis doctoral, DHfK, Leipzig, 1985.
- Voß, G.: Zur Gestaltung eines azyklischen Schnelligkeitstrainings in den Sprungdisziplinen. *Die Lehre der Leichtathletik* (1990), 32, 21-22.
- Voß, G.: Anmerkungen zum Beitrag von Tabachnik: "Neue effektive Mittel für die Entwicklung der Sprintschnelligkeit". *Leistungssport* 21 (1991), 3, 54.
- Voß, G.: "Zur Ausbildung elementarer neuromuskulärer Bewegungsprogramme". *Leistungssport* 21 (1991), 3, 47-50.
- Voß, G.: "Laufschnelligkeit – grundlegende Komponente leichtathletischer Leistung". *Leichtathletiktraining* 4 (1993), 5/6, 4-6.
- Vossius, G.: "Grundlagen der biologischen Kybernetik". En: ten Bruggencate, G. y cols., *Allgemeine Neurophysiologie*. 3ª ed. Urban & Schwarzenberg, München – Viena – Baltimore, 1980.
- Vrensen, G., D. de Groot: "Neuronal and synaptic development in the cerebral cortex of the rabbit". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlin, 1979, pp. 383-391.
- Vries, H. A. de: "Evaluation of static stretching procedures for improvement of flexibility". *Res. Quart.* 33 (1962), 222-228.
- Vries, H. A. de: *Physiology of exercise for physical education and athletics*. Brown, Dubuque, Iowa, 1974.
- Vuori, I. M.: "Plötzlicher Tod nach körperlicher Belastung". *Dt. Med. Wschr.* 103 (1978), 1724-1725.
- Wahren, J.: "Wann Sport für Diabetiker?". *Actas de congreso, Medical Tribune* 13 (1978), 1257.
- Waibaum, J., N. Tschekuljow: "Tests in den Laufdisziplinen". *Die Lehre der Leichtathletik* (1976), 413-416.
- Walker, S. M.: "Delay of twitch relaxation induced by stress and stress relaxation". *J. of Appl. Physiol.* 16 (1961), 801 s.
- Wallin, D., B. Ekblom, R. Grahn, T. Nordenborg: "Improvement of muscle flexibility: A comparison between two techniques". *Amer. J. Sports Med.* 13 (1985), 263-268.
- Walters, C., C. Stewart, J. Leclaire: "Effect of short bouts of isometric and isotonic contractions on muscular strength and endurance". *Amer. J. Phys. Med.* 39 (1960), 131-141.
- Walter, F., S. Yoshizawa, F. Klimt: "Die maximale Ventriflexion im Kleinkindalter". *Das öffentl. Gesundheitswesen* 45 (1983), 299-303.
- Walz, P.: "Einige Gedanken zu trainingsbegleitenden Leistungskontrollen und Testverfahren". *Leistungssport* 6 (1976), 97-106.
- Warren, C. G., J. A. Lehmann, J. P. Koblanski: "Elongation of rat toad tendon: effect of load and temperature". *Arch. of Phys. Med. & Rehab.* 52 (1971), 465-474.
- Warwitz, S.: *Das sportwissenschaftliche Experiment - Planung, Durchführung, Auswertung, Deutung*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1976.
- Warwitz, S.: "Normentafeln zum "Wiener Koordinationsparcours" (WKP)". *Lehrhilfen für den Sportunterricht* (1982), 59-64.
- Wasmund, U.: "Zum Problem der Seitigkeit". *Die Leibesziehung* 18 (1969), 375-382.
- Wasmund, U.: "Untersuchungen zur Lateralität im Sport bei Kindern und Erwachsenen". *Int. J. of Phys. Educ.* 13 (1976), 2, 34-38; 3, 37-44.
- Wasmund, U., P. Nowacki: "Untersuchungen über Laktatkonzentrationen im Kindesalter bei verschiedenen Belastungsformen". *Dt. Z. Sportmed.* 29 (1978), 66-75.
- Wasmund-Bodenstedt, U.: "Die biologische und motorische Entwicklung 6- bis 8jähriger Mädchen und Jungen unter Bedingungen des Schulsports und der täglichen Bewegungszeit - psychosoziale Begründungszusammenhänge". En: Medau, H. J., P. E. Nowacki (eds.). *Frau und Sport II*. pp. 106-112, perimed Fachbuch-Verlagsges. Erlangen, 1985.
- Wasmund-Bodenstedt, U., W. Braun: "Haltungsschwächen bei Kindern im Grundschulalter – Untersuchungen über den Einfluß zusätzlicher Bewegungsaktivitäten". *Motorik* 6 (1983), 11-22.
- Wassermann, B.: "Zur Optimierung sportlicher Techniken in den technisch-kompositorischen Sportarten - dargestellt am Beispiel des Geräteturnens". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 29 (1980), 591-592.
- Waterman-Storer, C. M.: "The cytoskeleton of skeletal muscle: is it affected by exercise? A brief review". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 23 (1991), 1240-1249.
- Watson, A. S.: "Children in sport", en: Bloomfield, J. y cols. (ed.), *Textbook of science and medicine in sport*. Human Kinetics Books, Champaign, Ill., 1992, pp. 436-466.
- Watts, D.: "Altitude – A coach's conclusions". *Brit. J. Sports Med.* 8 (1974), 30-36.
- Weber, J.: "Zur Prophylaxe von Verletzungen und Fehlbelastungsschäden bei Sportlern". *Medizin und Sport* 21 (1981), 174-177.
- Weber, M., J. U. Baumann: "Muscle contractures of soccer players – relationship with knee complaints and the effect of

- stretching exercises". En: Reilly, T., A. Lees, K. Davids, W. J. Murphy (eds.). *Science and football*. Spon. Londres – Nueva York 1988, pp. 219-223.
- Wedekind, S.: "Trainermeinungen zum Höhentaining". *Leistungssport* 9 (1979), 411-412.
- Wegner, W.: "Zum Grund- und Leistungsumsatz bei Ausdauerbelastung von Schülern der 8. und 9. Klassen". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 448-450.
- Weichert, W.: "Organisation von Orientierungsläufen". *Sportpädagogik* 4 (1980), 30-35.
- Weidemann, H. E.: *Höhenphysiologische Untersuchungen der körperlichen Ausdauer-Leistungsfähigkeit des Menschen*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1972.
- Weimann, R.: "Erlebnisorientierte Ausdauerschulung im Grundschulalter". *Haltung und Bewegung* (1993), 1, 16-21.
- Weinberg, M.: "Erziehung auf Beidhändigkeit". *Volksgesundheitspflege* 20 (1920), 13.
- Weineck, J.: "Belastbarkeit auch bei Spitzensportlern herausfinden". *Moderne medizin* 9 (1981), 1107-1108.
- Weineck J.: "Gesundheitstraining -ja, aber richtig!". *Moderne medizin* 9 (1981), 702-703.
- Weineck, J.: "Bayern zieht Konsequenzen - kein Konditionstest mehr im Schulsport". *Moderne medizin* 10 (1982), 192-193.
- Weineck, J.: "Grundlagen einer kindgemäßen Trainingslehre". En: Joch, W. (ed.), *Schüler-Leichtathletik*. Schors Verlag, Niedernhausen/Ts. 1982, pp. 29-37.
- Weineck, J.: "Schulsportbefreiung - meist zu schnell, zu lange und zu pauschal". *Moderne medizin* 10 (1982), 1261-1265.
- Weineck, J.: "Skifahren: Optimale Vorbereitung in drei Stufen". *Moderne medizin* 10 (1982), 30-33.
- Weineck, J.: "Die 'Trimm-dich-Pfade' - wer nutzt sie - wem nutzen sie?". *Moderne medizin* 10 (1982), 513-515.
- Weineck, J.: "Grundsätzliches zur Trainingsgestaltung". *Sporterziehung in der Schule* (1983), 7/8, 7.
- Weineck, J.: "Die koordinativen (oder psychomotorischen) Fähigkeiten und ihr Training". *Sporterziehung in der Schule* (1983), 7/8, 17-20.
- Weineck, J.: "Instruction tactique dans l'adolescence"., *Sporterziehung in der Schule* (1984), 7/8, 7-8.
- Weineck, J.: "Trainingswissenschaftl. Grundl. für das Oberstufenalter". *Sporterziehung in der Schule* (1984), 7/8, 9-11.
- Weineck, J.: "Besonderheiten beim Bewegungslernen der Mädchen – neurophysiologische und psychologische Aspekte". En: Medau, H. J., P. E. Nowacka (eds.). *Frau und Sport* II. Perimed Fachbuch-Verlagsges. Erlangen 1985, pp. 96-105.
- Weineck, J.: "Die Bedeutung des Schulsports im Bereich der beruflichen Schulen". En: *Berufsschulsport - Notwendigkeit und Verpflichtung*, pp. 13-17, edición especial de VDH-Mitteilungen Nov./Dic., 1987. Verband d. Diplom-Handelslehrer in Bayern. Nürnberg, 1987.
- Weineck, J.: "Kinder- und Jugendleistungssport: Verhinderung von Sportunfällen und -schaden". En: Carlhoff, H.-W., P. Wittmann (eds.). *Jugend und Gesundheit - Standortbestimmung, Gefährdungen, Lösungsansätze*. Aktion Jugendschutz. Stuttgart 1987, pp. 165-174.
- Weineck, J.: "Bodybuilding und Gewichtheben der Frau aus sportbiologischer Sicht". En: Medau, H. J., P. E. Nowacki (eds.). *Frau und Sport* III, pp. 164-173. Perimed Fachbuch - Verlagsges. Erlangen, 1988.
- Weineck, J.: "Die Gefahr orthopädischer Erkrankungen und ihre Prävention". En: *GOZ in ihren Auswirkungen auf alle zahnärztlichen Disziplinen*. Coloquio: Was macht den Zahnarzt krank?. Belastung am Arbeitsplatz - Minderung - Prävention, Landes Zahnärztekammer (ed.). Quintessenz Verlag. Berlin 1988, pp. 197-204, Bayer.
- Weineck, J.: "Wer rastet, der rostet: Die Notwendigkeit lebenslänglicher geistig-körperlicher Aktivität zur Verzögerung des Abbaus der psychophysischen Leistungsfähigkeit im Alter". En: Baumann, H. (ed.). *Älter werden - fit bleiben*. Czwalina. Ahrensburg 1988, pp. 82-110.
- Weineck, J.: "Funktionelle Aspekte in der Gymnastik". En: Gutsche, K.-J., H. J. Medau (eds.). *Gymnastik - ein Beitrag zur Bewegungskultur unserer Gesellschaft*. Hofmann Verlag. Schorndorf 1989, pp. 193-213.
- Weineck, J.: "Redskapgymnastiki skolan ur sportbiologisk syninlel" (Das Gerätturnen in der Schule aus sportbiologischer Sicht, traducido al sueco por B. Eriksson). *Gymnastik & Idrott* (1989), 4, 31-39.
- Weineck, J.: *Der Zahnarzt im Spiegel seiner Gesundheit - Risikofaktoren und ihre Prävention*. Quintessenz Verlag, Berlin 1989.
- Weineck, J.: "Das Gerätturnen in der Grundschule aus sportbiologischer Sicht unter besonderer Berücksichtigung gesundheitlicher Aspekte - Konsequenzen für die Schulpraxis". En: Krainhöfner, G. G., K. Thielecke (eds.). *Ran an die Geräte*. Congreso de la BTV, Gerätturnen in Schule und Verein, Giel Verlag, Regensburg 1990, pp. 154-167.
- Weineck J.: *Sportbiologie*. 3ª ed., perimed Fachbuch Verlagsges., Erlangen, 1990.
- Weineck, J.: "Koordinationsschulung – ein wichtiger Aspekt bei der Förderung sportleistungsschwacher Schüler". En: *Sportförderunterricht in Schule und Sportverein*. Simposio del 19 de mayo de 1990 en München, Bayer. Staatsministerium für Arbeit, Familie und Sozialordnung, München, sine anno (ca, 1992), pp. 41-42.
- Weineck J.: *Optimales Fußballtraining*. Perimed-Spitta Medizin, Verlagsges., Nürnberg, 1992.

- Weineck, J.: "Sportmedizinische und sportwissenschaftliche Aspekte des Tennisspiels der Frau". En: Medau, H. J., P. E. Nowacki (eds.). *Frau und Sport IV*, PERIMED-Spitta Medizin, Verlagsges., Erlangen 1992, pp. 181-192.
- Weineck, J.: "Grundsätzliche Überlegungen zum Training der Laufschnelligkeit in der Leichtathletik". *Leichtathletiktraining* 4 (1993), 7, 28-32.
- Weineck, J.: *Sportanatomie*. 9ª ed., Perimed-Spitta Medizin, Verlagsges., Balingen, 1994.
- Weiss, U., B. Schori: *Jugendliche und Hochleistungssport, Physische und psychische Entwicklung, Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit im Hinblick auf das Training im Hochleistungssport*. Eidgenössische Turn- u. Sportschule, Magglingen 1981.
- Wells, G y cols.: "Physical working capacity and maximal oxygen uptake of teenaged athletes". *Med. and Sci. in Sports* 5 (1973), 232-238.
- Wenzel, J., E. Kammerer, M. Frotscher: "Structural changes in the hippocampus after learning experiments". En: Matthies, H., M. Krug, N. Popov (eds.). *Biological aspects of learning, memory formation and ontogeny of the CNS*. Akademie Verlag, Berlín 1979, pp. 361-364.
- Werbitzki, G. I.: "Wann entwickelt man am besten die Bewegungseigenschaften bei Schülern?". *Körpererziehung* 24 (1974), 182-184.
- Werchoshanskij, J. W.: "Grundlagen des speziellen Krafttrainings im Sport". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 20 (1971), suplemento 3.
- Werchoshanskij, J. W.: "Grundlagen des speziellen Krafttrainings". En: Adam, K., J. W. Werchoshanskij. *Modernes Krafttraining im Sport*, Bartels & Wernitz, Berlín - München - Francfort, 1972, pp. 37 - 148.
- Werchoshanskij, J. W.: "Zum speziellen Krafttraining der Werfer und Springer". *Die Lehre der Leichtathletik* (1978), 897-900; 933; 936.
- Werchoshanskij, J. W.: *Effektiv trainieren*. Sportverlag, Berlín, 1988.
- Werchoshanskij, J. W., W. W. Tatjan: "Komponenten und funktionelle Struktur der Explosivkraft des Menschen". *Leistungssport* 5 (1975), 25-31.
- Werchoshanskij, J. W., G. Tschjournoussow: "Sprünge im Training der Sprinter". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 1662; 1664; 1695-1696.
- Westermann, R. A., D. M. Lewis, J. Bagust, G. D. Edjtehadi, D. Pallot: "Communication between nerves and muscles: Postnatal development in kitten hindlimbs fast and slow twitch muscle". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. pp. 255 ss. Plenum Press, Nueva York - Londres, 1973.
- Westphal, G.: "Analysis of the type of sport of volleyball". En: Andresen, R., C. Kröger (eds.). *Volleyball*. Czwalina. Ahrensburg 1989, pp. 105-121.
- White, K. M.: "Ideas for increasing sprint speed". *Mod. Athlete & Coach* 20 (1982), 2, 8-11.
- White, T. P., K. A. Esser: "Satellite cell and growth factor involvement in skeletal muscle growth". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 21 (1989), suppl., pp. 158-163.
- Widmer, K.: "Lerntransfer - ein in der Schule vernachlässigtes Problem". *Schweizer Schule* 67 (1980), 622-631.
- Wieben, K., B. Falkenberg: *Muskelfunktion*. Thieme Verlag, Stuttgart - Nueva York, 1991.
- Wied, D. de: "Peptides and behaviour". En: Zippel, H. P. (ed.). *Memory and transfer of information*. pp. 373-385, Plenum Press, Nueva York - Londres 1973.
- Wiemann, K.: "Untersuchung zum mentalen Training turnerischer Bewegungsabläufe". *Die Leibeserziehung* 20 (1971), 36-41.
- Wiemann, K.: *Analysen sportlicher Bewegungen*. Bagel Verlag, Düsseldorf, 1979.
- Wiemann, K.: "Beeinflussung muskulärer Parameter durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining". *Sportwissenschaft* 21 (1991), 295-306.
- Wiesendanger, M., D. G. Rüegg, R. Wiesendanger: "The corticopontine System in primates: Anatomical and functional considerations". En: Massion, J., K. Sasaki (eds.). *Cerebro-cerebellar interactions*. North-Holland Biomedical Press, Amsterdam - Nueva York - Oxford, 1979.
- Wilke, J., H. Fuchs: "Untersuchungen über die Veränderungen der vestibulären Erregbarkeit durch sportliche Übungen und über die Habituation als Methode zum vestibulären Training von Turnern". En: Oeken, F.-W., J. Wilke, *Hör- und Gleichgewichtsorgan. Spezielle Abhandlungen unter besonderer Berücksichtigung sportmedizinischer Gesichtspunkte*, Barth, Leipzig, 1969, pp. 1-40.
- Wilke, K.: "Die Bedeutung der Eigenrealisierung von Bewegungen für deren Beherrschung und didaktische Vermittlung". En: Däumling, M. y cols. *Beiträge zum Mentalen Training*. Limpert Verlag, Francfort, 1973, pp. 96-115.
- Wilke, K.: "Mentales Training und Schwimmen". *Der Deutsche Schwimmsport* 25 (1975), 14, suplemento: Für die Mappe des Technikers, 1-4.
- Wilkerson, J. E., J. Brown: "Twisting direction in Sports". *Physical Educator* 36 (1979), 21-22.
- Williams, M. y cols.: "Effect of blood reinjection upon endurance capacity and heart rate". *Med. and Sci. in Sports* 5 (1973), 181-186.
- Williams, P. E., G. Goldspink: "Longitudinal growth of striated muscle fibers". *J. Cell Sci.* 9 (1971), 751-767.
- Williams, P. E., G. Goldspink: "Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle". *J. of Anatomy* 127 (1978), 459-468.

- Willimczik, K.: "Die sportmotorische Zieltechnik – Möglichkeiten und Grenzen der Erstellung". En: Rieder, H. (ed.). *Bewegungslehre des Sports II*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1977, pp. 103-115.
- Willimczik, K., K. M. Grosser: *Die motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter*. Hofmann Verlag, Schorndorf 1979.
- Willimczik K., K. Roth: *Bewegungslehre*, Rowohlt Verlag, Reinbek, 1988.
- Wilson, G. J. y cols.: "The optimal training load for the development of dynamic athletic performance". *Med. and Sci. in Sports and Exerc.* 25 (1993), 1279-1286.
- Winter, R.: "Grundlegendes zur frühen Entwicklung von koordinativen Fähigkeiten und Bewegungsfertigkeiten sowie ihrer Rolle für die Persönlichkeitsentwicklung des Kindes". *Wissenschaftl. Z. der DHfK*, Leipzig, 17 (1976), 1, 71-75.
- Winter, R.: "Zum Problem der sensiblen und kritischen Phasen in der Kindheit und Jugend". *Medizin und Sport* 20 (1980), 102-104.
- Winter, R.: "Grundlegende Orientierungen zur entwicklungs-gemäßen Vervollkommnung der Bewegungskoordination im Kindes- und Jugendalter". *Medizin und Sport* 21 (1981), 194-198; 254-256; 282-285.
- Winter, W.: "Das Links-Rechts-Bewegungsphänomen". *Sportmedizin* 4 (1953), 126-128.
- Winters, J. M., S. L.-Y. Woo (eds.): *Multiple muscle systems*. Springer Verlag, Nueva York – Berlín – Heidelberg, 1990.
- Witelson, S. F.: "The brain connection: The corpus callosum is larger in left-handers". *Science* 229 (1985), 665-668.
- Witt, D.: "Zur Frage der Periodisierung im Schüler- und Jugendalter". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 1373-1376.
- Witt, M., D. Gohlitz, B. Tawalbeh: "Zur weiteren Erschließung der Sporttechnik als Voraussetzung für ein aufgabenbezogenes Krafttraining im Mittel- und Langstreckenlauf". *Leistungssport* 22 (1992), 5, 29-34.
- Wittekopf, G., G. Marhold, K.-S. Pieper: "Biologische und biomechanische Grundlagen der trainingsmethodischen Kategorie 'Kraftfähigkeiten' und Methoden ihrer Objektivierung". *Medizin und Sport* 21 (1981), 225-231.
- Wittekopf, G., H. Schober, W. Kraft: "Zur Diagnostik von Beanspruchung und Wiederherstellung des neuromuskulären Systems am Beispiel des M. quadriceps femoris". *Medizin und Sport* 31 (1991), 141-144.
- Witten, C. X., W. A. Witten: "The effects of frequency interval training upon cardiovascular fitness among college females". *J. of Sports Med. and Phys. Fitness* 13 (1973), 183-186.
- Wittmann, F., W. Maier, W. Pfeiffer: *Fußballpraxis. 3. Teil: Jugendtraining I*, Württembergischer Fußballverband, Stuttgart, 1982.
- Wohl, A.: *Bewegung und Sprache. Probleme zur Theorie der Motorik des Menschen*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1977.
- Wolff, P. H., J. Hurwitz, H. Moss: "Serial organization of motor skills in left- and right-handed adults". *Neuropsychologia* 15 (1977), 539-546.
- Wolff, R., W. Busch, H. Mellerowicz: "Vergleichende Untersuchungen über kardiovaskuläre Risikofaktoren bei Dauerleistern und der Normalbevölkerung". *Dt. Z. Sportmed.* 30 (1979), 1-10.
- Wolkow, N. I.: "Ermüdung und Wiederherstellung im Sport". *Leistungssport* 4 (1974), 167-171.
- Wolkow, W.: "Funktionelle Stabilität von Kindern und Jugendlichen gegenüber Sauerstoffmangel". *Leistungssport* 5 (1975), 274-276.
- Wolkow, W. M.: "Theoretische Überlegungen zum Aufbau eines Mikrozyklus". *Leistungssport* 4 (1974), 163-166.
- Wolkow, W. M.: "Ein Systemansatz zur Beurteilung der späten Phasen der Wiederherstellung". *Leistungssport* 6 (1976), 460-463.
- Wolkow, W. M., W. P. Lugowzew: "Zur Begründung des spezifischen Einflusses von Trainingsbelastungen auf die Wiederherstellungsprozesse". *Leistungssport* 9 (1979), 122-127.
- Wolpaw, J. R.: "Adaptive plasticity in the primate spinal stretch reflex: reversal and re-development". *Brain Res.* 87 (1983), 299-304.
- Wooldridge, D. E.: *Mechanik der Gehirnvorgänge*. Oldenbourg Verlag, Viena – München, 1967.
- Wopp, C.: *Das kleine Skikursbuch zum Vorbereiten. Lernen und Erleben des Skifahrens*, Putty Verlag, Wuppertal, 1981.
- Worobjew, A. N., V. M. Charitonov: "Zum Problem der speziellen Kraftentwicklung". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 19 (1970), 24-26.
- Worobjewa, E. I., A. N. Worobjew: "Die Adaptation im sportlichen Training als eine der Formen der biologischen Anpassung des Organismus an Umwelt- und Entwicklungsbedingungen". *Leistungssport* 8 (1978), 145-150.
- Wunderli, R.: "Empirische Untersuchung zum Einsatz von observativem, mentalem und verbalem Training beim Lernen einer einfachen sensumotorischen Aufgabe". Trabajo de diplomatura en el Inst. für angewandte Psychologie, Zürich, 1976, (manuscrito sin publicar).
- Wunderli, R.: "Auswirkungen verschiedener Formen des Mentalen Trainings auf Handlungsregulation und Leistungen beim Erlernen verschiedener psychomotorischer Tätigkeiten". Trabajo de licenciatura, Zürich, 1981 (manuscrito sin publicar).
- Wurster, H.: "Die Entwicklung der Ausdauer im Sportunterricht der Klassen 4 und 5 (Thesen)". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 60-62.
- Wutscherk, H.: "Die Bestimmung des 'biologischen' Alters". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23 (1974), 159-170; 176-177.

- Wutscherk H., H. Schmidt, R. Köthe: "Körperbautypologisch- und altersbedingte Differenzierungen von Körperbaumerkmalen". *Medizin und Sport* 25 (1985), 143-148.
- Wydra, G., K. Bös, G. Karisch: "Zur Effektivität verschiedener Dehntechniken". *Dt. Z. Sportmed.* 42 (1991), 386-400.
- Wygotski, L. S.: *Denken und Sprechen*. Akademie Verlag, Berlin, 1974.
- Yasuda, Y., M. Miyamura: "Cross transfer effects of muscular training on blood flow in the ipsilateral and contralateral forearms". *Europ. J. Appl. Physiol.* 51 (1983), 321-329.
- York, T.: "Werden noch stärker - Trainer Günter Lange über Chinas Laufwunder". *Leichtathletiktraining* (1993), 37, 13.
- Yoshida, T.: "Effect of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise". *Eur. J. Appl. Physiol.* (1984), 200 ss.
- Zaciorskij, V. M.: "Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers". Bartels & Wernitz, Berlin - Francfort - München, 1972.
- Zaciorskij, V. M.: *Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers*. 3^a ed., Bartels & Wernitz, Berlin - Francfort - München, 1977.
- Zaciorskij, V. M., N. G. Kulik, J. I. Smirnov: "Die Wechselbeziehungen zwischen den körperlichen Eigenschaften". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 19 (1970), 141-157.
- Zaciorskij, V. M. y cols.: "Das Problem des Talents und der Talentsuche im Sport: Richtungen und Methodologien der Untersuchungen". *Leistungssport* 4 (1974), 239-251.
- Zaciorskij, V. M., L. M. Raizin: "Die Übertragung des kumulativen Trainingseffektes bei Kraftübungen". *Leistungssport* 5 (1975), 17-24.
- Zahnd, R.: "Der 12-Minuten-Lauf-Test". *Maggingen* 43 (1986), 3, 24-25.
- Zanon, S.: "Zum speziellen Krafttraining: die bewußte Ausnutzung der Muskelvordehnung". *Die Lehre der Leichtathletik* (1973), 1563-1570.
- Zanon, S.: "Zur Optimierung der spezifischen azyklischen Schnellkraft". *Die Lehre der Leichtathletik* (1973), 269-272.
- Zanon, S.: "Plyometrie für die Sprünge". *Die Lehre der Leichtathletik* (1974), 549-552.
- Zanon, S.: "Zur Beziehung zwischen maximaler relativer statischer und relativer elastischer Kraft im Training des Weitspringers". *Leistungssport* 5 (1975), 352-359.
- Zech, H.: *Das große Lexikon des Sports*. Fischer Verlag, Francfort, 1971.
- Zeibig, H.: "Sportmedizinische Gesichtspunkte für das Krafttraining". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 14 (1965), 254-260.
- Zentgraf, R.: "Eine Möglichkeit zur Verbesserung des Bankdrückens für das Kugelstoßen". *Die Lehre der Leichtathletik* (1975), 629.
- Zienkovicz, W.: "Durchschnittsgeschwindigkeit in Wettkampfläufen und ihre Veränderung auf der Strecke". *Die Lehre der Leichtathletik* (1975), 737-740.
- Zieschang, K.: "Zur zeitlichen Gestaltung von Lernprozessen im Sport". *Sportwissenschaft* 7 (1977), 272-284.
- Zieschang, K.: "Aufwärmen bei motorischem Lernen, Training und Wettkampf". *Sportwissenschaft* 8 (1978), 235-251.
- Zimmer, R.: *Motorik und Persönlichkeitsentwicklung bei Kindern im Vorschulalter. Eine experimentelle Untersuchung über den Zusammenhang motorischer, kognitiver, emotionaler und sozialer Variablen*. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1981.
- Zimmermann, E.: "Psychische Aktivierung und Wettkampfstabilität". Conferencia en Maggingen, 1987.
- Zimmermann, E., M. Donike, W. Schänzer: "Katecholaminspiegel, psychische Aktivierung und Wettkampfstabilität". En: Franz, I.-W. y cols. (eds.). *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt*. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg 1985, pp. 377-382.
- Zimmermann, E., W. Schänzer, M. Donike: "Stressfaktoren vor und nach Wettkampf- bzw. Trainingsbelastung". En: Heck, H. y cols. (eds.). *Sport - Leistung und Gesundheit*. Deutscher Ärzte Verlag, Colonia 1983, pp. 277-282.
- Zintl, F.: "Biologische Grundlagen zum Training von Kraft-, Schnellkraft- und Schnelligkeitsleistungen in der Leichtathletik". *Die Lehre der Leichtathletik* (1989), 591-594; 621-625.
- Zippel, H. P. (ed.): *Memory and transfer of information*. Plenum Press, Nueva York - Londres 1973.
- Zischke, W.: "Probleme der speziellen Ausdauer-schulung bei jugendlichen 400-m-Läufern". *Leistungssport* 6 (1976), 248-252.
- Zukowska, A.: "Reaktion des Herz-Kreislauf-Systems auf den 800-m-Lauf nach ausdauerbetontem Sportunterricht in den Klassen 1 bis 3". *Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979), suplemento 1, 68-69.
- Zurbrügg, R. P.: "Hormonale Regulation und Wachstum bei sportlich aktiven Knaben und Mädchen". En: Howald, H., E. Hahn (eds.). *Kinder im Leistungssport*. Birkhäuser, Basilea - Boston - Stuttgart 1982, pp. 50-58.
- Zwinger, H., H. Gürtler, W. Kibittel: "Ergebnisse einer betonten Laufausdauer-schulung bei Kindern im frühen Schulalter". *Medizin und Sport* 13 (1973), 56-60.

Índice alfabético

A

ABC de la carrera (del sprint) 435, 481
Adolescencia

- entrenamiento de la coordinación 479
- entrenamiento de la fuerza 215
- entrenamiento de la movilidad 459
- entrenamiento de la resistencia 131
- entrenamiento de la técnica 501

Acidosis (acidificación) 141
Actina 76
Actividad enzimática, celular 142, 143
Acumuladores de fosfato de creatina 81, 364, 365
Acumuladores de lípidos 137
Adiposidad y entrenamiento 613
Adrenalina 142, 143
Agilidad 525
Agilidad lateral 525
Agujetas 302
Anabólico (sintetizador de proteínas) 225
Análisis de amoníaco 410, 411
Análisis de catecolaminas 49, 69, 143
Análisis de lactato 409
Analizadores (capacidades analizadoras)

- importancia 486, 488

Ángulo de trabajo 270
Aparato vestibular 525
Aprendizaje 584

- *a primera vista* 104, 534
- motor 506
- olvido 511
- reaprendizaje 511

Aprendizaje de contraste 530
Aprendizaje motor 506, 508
Arnés elástico 413
ATP (adenosín trifosfato) 76, 84, 231, 234, 256, 362, 363, 364, 391
ATPasa 80, 364
“Atrapar al compañero” 431
“Atrapar delante de las marcas” 430
Aumento de sección trasversal del músculo *v. Hipertrofia*

B

Barrera de la velocidad 365, 387, 388, 390, 406, 411
Biatlón 209
Bucle motor 104, 510
Bucle, largo *v. Bucle motor*
Búsqueda de talentos 112

- factores 115
- importancia 114
- principios básicos 115-117
- problemas 120

C

Cadena respiratoria 76, 83
Calentamiento 373

- definición 575
- edad 578
- específico, activo 577
- estado de entrenamiento 578-579
- general, activo 575-576
- momento del día 579
- tipos 575

Capacidad aeróbica 197 (niños), 205
Capacidad anaeróbica 199 (niños), 205
Capacidad de aceleración 358, 360, 361, 383, 384, 386

- entrenamiento 386, 404, 427

Capacidad de acoplamiento 480
Capacidad de adaptación, *v. Capacidad de reubicación*
Capacidad de aguante 183, 271, 300, 383, 541
Capacidad antrópica 541
Capacidad de aprendizaje, motor 479, 481, 484, 485, 541
Capacidad de arranque *v. Capacidad de aceleración*
Capacidad de asimilación 577
Capacidad de diferenciación 426, 480
Capacidad de equilibrio 480
Capacidad de fuerza rápida 218
Capacidad de orientación 480
Capacidad de reacción 484
Capacidad de rendimiento, deportivo 19, 21
Capacidad de reubicación 485

- Capacidad de ritmo 482
- Capacidades coordinativas 479 y ss.
- capacidad de acoplamiento 480
 - capacidad de diferenciación 481
 - capacidad de equilibrio 481
 - capacidad de orientación 482
 - capacidad de reacción 484
 - capacidad de reubicación 485
 - capacidad de ritmo 482
 - contenidos (ejercicios) 490
 - entrenabilidad 494
 - entrenamiento de niños y jóvenes 493
 - específicas 479
 - generales 479
 - importancia 479
 - métodos de entrenamiento 489
 - métodos y contenidos 488
 - principios metodológicos básicos (niños) 493, 497
 - proceso de entrenamiento a largo plazo 492
 - tests 491
 - tipos 479
- Capilarización 145
- Características
- cinemáticas 502
 - dinámicas 503
- Caracterización psicofísica breve
- adolescencia (segunda fase puberal) 107, 350
 - edad escolar
 - temprana 104
 - tardía 104
 - edad preescolar 103
 - lactancia 103
 - pubescencia (primera fase puberal) 105
- Carencia de hidratos de carbono
- consecuencias 139
- Carga previa 41, 575
- Cargas interválicas 207
- Carrera de orientación 208, 212
- Carrera de relajación 586-587
- Carrera-*boomerang* de cajones de plinto 492
- Carreras de resistencia 169
- Carreras contra resistencia de tracción 402, 425
- Carreras cuesta arriba 169
- Carreras de arrastre 413
- Carreras de estimación del tiempo 212
- Carreras de velocidad variable 169
- Carreras numéricas 432
- Célula muscular 75
- Cerebelo 86
- Ciclo de periodización 318
- Ciclo del ácido cítrico 76, 83
- Ciclo estiramiento acortamiento 257
- Cinética del lactato 408
- factores de influjo 184
- Citoplasma 75
- Cociente de velocidad 369, 370, 371
- Competición 63
- evaluación 71
 - herramientas de entrenamiento 64
 - método de control y de evaluación 64
 - organización y conducción 539
 - preparación 65
- Componentes de carga 21, 406
- operatividad 23
 - regulación 406-407, 409
- Componentes del rendimiento
- desarrollo 35
- Comportamiento de la frecuencia cardiaca 200, 201, 202
- Concepción del entrenamiento 39
- Condición física 128, 129
- Definición 127
- Condiciones de la facilitación, método 412
- Consumo de oxígeno, máximo (niños) 156, 157, 188, 194
- determinación (test) 188
- Contenidos del entrenamiento 20
- Contenido de minerales en los huesos de deportistas 348
- Contracción
- bilateral 237
 - sincrónica 226
 - unilateral 237
- Contracción muscular 85, 86
- escalonamiento fino 85
 - escalonamiento grueso 85
 - variación de la velocidad del movimiento
- Coordinación
- intermuscular 86, 216, 217, 226, 229, 234, 275
 - intramuscular 86, 216, 217, 226, 227, 229, 233, 234, 274, 275
- Coordinación rápida v. *velocidad de acción*
- Corazón, entrenamiento y (niños) 146, 162, 194
- Contracción muscular
- auxotónica 221, 222
 - isométrica 221, 222
 - isotónica 221, 222
- CP v. *fosfato de creatina*
- Crecimiento 94, 95, 96, 97
- aparato locomotor activo 102
 - aparato locomotor pasivo 100, 101
 - metabolismo 102
- Criterios de los tests 50
- criterios secundarios 50

- fiabilidad 50
- objetividad 50
- principales criterios de calidad 50
- validez 50

Curva de la fuerza rápida 296

Curva del lactato

- evaluación 184

Curvas del aprendizaje 510-511

D

Decisión para la acción 540

Déficit de fuerza 216, 337

Definición de talento 111

Dentritas 84

Densidad del estímulo 21, 22, 406

Deporte escolar 204, 238

Desarrollo del talento 111

Desarrollo precoz *v. Individuos acelerados*

Desautomatización 374

Descanso (pausa) útil 161, 162, 405

Desentrenamiento 192

Desequilibrios, musculares 303, 337-378, 388

Deuda de oxígeno 81

“Día y noche” 429

Diabetes y entrenamiento 612, 614

Diagnóstico del rendimiento 45, 50

- capacidades coordinativas 492
- fuerza 284
- inconvenientes 51
- límites 51
- movilidad 460
- resistencia 170
- técnica 532
- velocidad 414
- ventajas 52

Drop jump 296, 297

Duración del estímulo 21, 22, 408

E

“Echar chispas” 238, 330, 331, 334

Edad de entrenamiento 121

Edad del rendimiento máximo 56, 416

Edad del aprendizaje, óptima 105, 493, 495

Edad escolar, tardía 104

- entrenamiento de la coordinación 493, 494
- entrenamiento de la fuerza 346
- entrenamiento de la movilidad 474
- entrenamiento de la resistencia 203
- entrenamiento de la técnica 532
- entrenamiento de la velocidad 422

Edad escolar, temprana 104

- entrenamiento de la coordinación 493

- entrenamiento de la fuerza 336
- entrenamiento de la movilidad 474
- entrenamiento de la resistencia 203
- entrenamiento de la técnica 532
- entrenamiento de la velocidad 420

Edad preescolar 103

- entrenamiento de la fuerza 336
- entrenamiento de la movilidad 473
- entrenamiento de la resistencia 203
- entrenamiento de la técnica 532
- entrenamiento de la velocidad 420
- entrenamiento de las capacidades coordinativas 493

Efecto de Carpenter 534, 559, 563

Efecto de entrenamiento

- acumulativo 331
- contralateral 239
- inmediato 331, 332, 333
- retardado 238-239, 331, 332

Efectos de transferencia

- coordinación 528
- fuerza 529
- regeneración, acelerada 530
- resistencia 530
- sensación motora, cinestésica 529, 530
- velocidad 529, 530

Eficacia 276

Efecto sumativo 30

Ejercicio(s)

- de competición 20, 336, 376
- de desarrollo específico 20, 336
- de desarrollo general 20, 336

Ejercicios de arranque (de salida) (niños) 428

Ejercicios de disputa uno contra uno 350

Ejercicios de fuerza de lanzamiento 349

Ejercicios de fuerza de salto 349

Ejercicios de fuerza de disparo 349

Ejercicios fundamentales 512

“El buitre y la gallina” 430

“El mago” 429

Elaboración posterior del entrenamiento 43

Elasticidad del músculo 373

Electroestimulación 264

EMG (electromiograma) 227, 228, 229, 252, 253, 259, 263, 311, 366

Empujón del crecimiento 97, 106-107, 460, 475, 497

Endorfina 362, 363

Enfermedad de Scheuermann 475

Entrenabilidad 15-18

- fuerza 224
- movilidad 377
- velocidad 356

Entrenamiento autógeno 547

Entrenamiento avanzado v. *Entrenamiento de profundización*

Entrenamiento, como proceso de adaptación 73

- definición 15
- deportivo 15
- efecto acumulativo 331, 332
- efecto inmediato 331, 332, 333
- efecto retardado 331, 332, 333
- fuerza máxima 318
- musculación 318

Entrenamiento compensatorio v. *Entrenamiento complementario*

Entrenamiento complementario (suplementario) 222, 305, 337-338, 473

Entrenamiento de base 55, 416

- objetivos 54-55

Entrenamiento de circuito v. *Entrenamiento circular*

Entrenamiento de compensación 222

Entrenamiento de (profundización) consolidación 55, 417

- Objetivos 54-55

Entrenamiento de estaciones 266

Entrenamiento de la carrera a saltos 169

Entrenamiento de la fuerza máxima 318, 323

Entrenamiento de la fuerza rápida 387

Entrenamiento de la movilidad

- edad infantil y juvenil 472
- métodos y contenidos 445
 - método de estiramiento activo 445
 - método de estiramiento estático (*stretching*) 446
 - método de estiramiento pasivo 446
- periodización 471
- principios metodológicos básicos 450 (*stretching*) 472, (niños) 476
- proceso de entrenamiento a largo plazo 471

Entrenamiento de la multilateralidad 514-515

Entrenamiento de la musculatura de la espalda 313

Entrenamiento de la percepción oculta 556

Entrenamiento de la potencia v. *Entrenamiento pliométrico*

Entrenamiento de la resistencia 152

- adolescencia 206
- como prevención de enfermedades cardiovasculares degenerativas
- edad preescolar 201
- en la edad escolar temprana y tardía 201
- en la edad infantil y juvenil 194
- métodos y contenidos (niños y jóvenes) 153, 206
- periodización 189
- principios metodológicos básicos (niños y jóvenes) 193, 212
- pubescencia 206

Entrenamiento de la táctica 537

- edad infantil y juvenil 542
- formación práctica 541
- formación teórica 541
- principios metodológicos básicos 542
- proceso de entrenamiento a largo plazo 541
- tests 541

Entrenamiento de la técnica

- contenidos 512
- edad infantil y juvenil 533
- etapas (fases) 504
- medidas metodológicas 514
- métodos 513
- principios metodológicos básicos (niños) 533, 534
- proceso de entrenamiento a largo plazo 532
- tests 532

Entrenamiento de la velocidad (niños) 384, 425

- componentes de la carga 406
- edad infantil y juvenil 419
- periodización 416
 - entrenamiento 384
- principios metodológicos básicos (niños) 395, 418, 433
- proceso de entrenamiento a largo plazo 416
- tests de aptitud 414

Entrenamiento de la fuerza

- carga decreciente 246
- combinación excéntrico-concéntrico 253
- combinación excéntrico-isométrico 254
- concéntrico 217, 222, 240-241, 249, 261 (forma pura), 328
- contrario 263, 332
- de aceleración (dinámico positivo) v. *concéntrico*
- de acortamiento v. *concéntrico*
- de frenado (dinámico negativo) v. *excéntrico*
- de frenado v. *excéntrico*
- de retardo v. *excéntrico*
- de superación v. *concéntrico*
- desmodrómico 256
- dinámico 240
- dinámico negativo v. *excéntrico*
- dinámico positivo v. *concéntrico*
- electroestimulación 216, 264
- entrenamiento de la coordinación intramuscular 274, 321
- entrenamiento de musculación 272, 321
- estático v. *isométrico*
- estático-dinámico (intermedio) 263
- excéntrico 217, 222, 252, 330
- intermedio 263
- isocinético 255
- isométrico 222, 262, 331
- métodos de culturismo (*body building*) 242-243, 268, 322

- periodización 318
- planificación 318
- pliométrico (reactivo) 257, 331, 332
- principios metodológicos básicos (niños) 334
- proceso de entrenamiento a largo plazo 322, 323
- respiración 302
- riesgos 300

Entrenamiento de alto rendimiento 56

- objetivos 56

Entrenamiento de la velocidad elemental 426

Entrenamiento de los músculos abdominales 308

Entrenamiento de mantenimiento 326, 327, 328, 471

Entrenamiento de musculación 274, 318, 322, 328

Entrenamiento de niños y jóvenes

- capacidades coordinativas 493
- fuerza (riesgos) 336-337, 339
- fundamentos deportivo-biológicos 93
- movilidad 472
- resistencia 192
- velocidad 403

Entrenamiento de observación 555, 563, 564

Entrenamiento piramidal 267, 327

Entrenamiento de principiantes, v. *Entrenamiento de base*

Entrenamiento de profundización 55

Entrenamiento en altura 167

Entrenamiento en circuito 268, 342, 343

- fuerza máxima, 269, 270, 272
- fuerza rápida 269, 272
- general 343-344
- resistencia de la fuerza 271, 272
- resistencia de la fuerza rápida 271, 272

Entrenamiento en hipergravedad 261

Entrenamiento ideomotor 555, 556

Entrenamiento juvenil 54

Entrenamiento mental 555

Entrenamiento para la salud (fuerza) 605, 614

Entrenamiento pliométrico v. *Entrenamiento de la fuerza pliométrico*

Entrenamiento psicológico 546

Entrenamiento psicorregulador 551

Entrenamiento psicotónico 552

Entrenamiento subvocal 555

Entrenamiento suplementario 222

Entrenamiento verbal 555, 564-565

Entrenamiento y capacidad inmunitaria 152

Enzimas, aeróbicas, anaeróbicas 80, 82

Especialización 514

Especialización precoz 122, 515, 521

Especificidad 276

Especificidad de la disciplina 281

Estado previo al inicio de la competición 68

Estancamiento 531

Estereotipo motor 304

- trastornos 304

Estiramiento profundo 447-448

Estructura articular y movilidad 441

Etapas de entrenamiento 53

Evaluación del entrenamiento 43

Exigencias de aprendizaje excesivas 531

Experiencia motora 486

F

Factores de riesgo 605, 606, 607

Fase de aceleración 388

Fase sensible (sensitiva) 18, 33, 337, 340, 344-345, 350, 390, 479-480

Fases del aprendizaje 502-503

Fatiga 283, 373, 442, 447, 531, 583

- central 134, 583
- periférica 583
- regeneración después de 583-584

Fatiga posterior (posfatiga) 247, 248

Fatiga previa 247, 248

Fenómeno de Setchenov 598

Foot tapping 414, 415, 420

Forma precoz (anticipada) 329, 334

Formación básica general 54

Formación de la memoria 508

Fosfato de creatina (= fosfocreatina = fosfato rico en energía) 82, 226, 363, 364, 384, 402

Fosfatos, ricos en energía (ATP, CP) 80-81, 82, 217, 364, 384, 402

Frecuencia de entrenamiento 21, 22, 238, 409

Fuerza

- absoluta 222
- fuerza máxima 216
- general 215
- importancia 222
- interacciones 215, 223
 - coordinación 224
 - flexibilidad 223
 - resistencia 224
 - velocidad 223
- relativa 222, 262
- tipos 215, 216

Fuerza absoluta 222

Fuerza de arranque (inicial) 219, 220

Fuerza de salto 296

- horizontal 289, 342
- vertical 297, 341, 342

Fuerza explosiva 219, 220

- curva 230

Fuerza máxima 216

- dinámica 216

- estática 216
- Fuerza rápida 216

G

Ganancia de fuerza 235
 Ganglios basales 87
 Gimnasia de obstáculos 343
 Gimnasia de relajación 373, 575
 Glucógeno 75, 137, 138, 139, 185-186

- hígado 137, 138, 139
- modelo de vaciado 137, 185, 186
- vaciado de glucógeno 185, 186

 Glucólisis 81, 204, 405

H

Habilidades, coordinativas 479
 Herramienta de entrenamiento 20
 Heterocronismo de la recuperación 29
 Hipermovilidad 455, 464
 Hiperplasia (aumento de las fibras musculares) 231, 232, 233
 Hipertensión y entrenamiento 611
 Hipertrofia (aumento de la sección transversa del músculo) 75, 89, 232, 233, 321
 Hormonas y entrenamiento 142, 143
 Husos musculares 442, 449-450, 476

I

Ideas sobre la multilateralidad 514, 515, 516, 518
 Impulso de fuerza 294

- medición 296

 Incremento de la carga

- tipos 28
 - discontinuo 28
 - progresivo 28

 Individuos acelerados (de desarrollo precoz) 99, 100, 121
 Individuos retardados (de desarrollo tardío) 99, 100, 121
 Inhibición recíproca 447
 Inteligencia de juego 541
 Intensidad del estímulo 21, 22, 406
 Irradiación 494
 Isometría

- máxima 254, 262, 331, 332
- total 254, 262, 331, 332

J

Juegos de cambio y de búsqueda de sitio 433

L

Lactato (= ácido láctico) 80-81, 182, 199, 204

Lateralidad 521

- funcional 521
- lateralidad de giro 524, 525
- morfológica 521
- tipos 522
- uso preferente de las manos 522
- uso preferente de las piernas 522
- uso preferente de los oídos (auditiva) 522
- uso preferente de los ojos (ocular) 522

Lateralidad de giro 524

- agilidad 524
- agilidad lateral 524

Ley de Mark-Jansen 100

Líneas Z 76

Lipemia y entrenamiento 614

Longitud (amplitud) del paso 383

M

Macro ciclo 59, 321

Medición de la frecuencia cardiaca para la organización del entrenamiento 173-175

Médula espinal 86

Membrana celular 75

Memoria

- memoria a corto plazo 509
- memoria a largo plazo 509
- memoria inmediata 509

Metabolismo de los lípidos 197

Método analítico 513

Método continuo 154, 155, 210

- extensivo 154
- intensivo 156

Método de *contracción-relajación* 448

Método de competición 166

Método de contraste 248, 260, 261, 265, 322, 330

Método de entrenamiento 20

Método de fuerza explosiva v. *Entrenamiento de la fuerza excéntrico*

Método de imitación 533

Método de "tensión-relajación" 551

Método de repetición

- resistencia 163, 164, 166
- velocidad 384, 391, 399, 425

Método de transición 275, 319

Método global 513

Método interválico 158, 161, 210

- extensivo 158, 161, 210
- intensivo 158, 161
- método interválico de corta duración 158, 161
- método interválico de larga duración 158, 161
- método interválico de media duración 158, 161

Método obligado 413

Método variable 281-282, 399, 413-414
 Métodos de culturismo 242-243, 268, 322
 Métodos y contenidos entrenamiento de la fuerza 240

- “120-80”, 253
- entrenamiento de musculación 274
- fuerza máxima 272
- fuerza rápida 275-276
- métodos de intensidades elevada y máxima 249, 276, 329
- resistencia de la fuerza 276

Microciclo 59, 319, 320

Miofibrilla 77

Miosina 77

Miosina-ATPasa 80, 81

Motivación 235, 528

Movilidad

- activa 439
- definición 439
- edad 443
- entrenabilidad 441
- específica 439, 460
- específica de la modalidad 460
- estática 439
- flexibilidad dinámica 446, 472
- general 439, 460
- importancia 440
- pasiva 439
- sexo 439
- tipos 439

Multilateralidad 515

- tesis 520

Musculatura

- con tendencia a la debilitación 307
- con tendencia al acortamiento 303

N

Neurita 84

Neuronas cerebrales 518

Neurona

- constitución 84

Nódulos de Schmorl 475

Noradrenalina 142, 143, 144

Normativa de carga *v. componentes de la carga*

Núcleo celular (de la célula) 75

Número de sarcómeros 338

Nutrición 363-364, 593, 594

- equilibrio de calorías 593
- equilibrio de líquidos 595
- equilibrio de nutrientes 593-594
- equilibrio de vitaminas 600
- equilibrio del metabolismo mineral 596

O

Objetividad 15

Objetivos de entrenamiento 21

Olvido (desaprendizaje) 511

Osteoporosis y entrenamiento 614-615

P

Pausa, activa (útil) 161-162

Pérdida de fuerza 235

Periodización 58

- en la edad infantil 60

- entrenamiento de la fuerza 318

- entrenamiento de la movilidad 189-190

- entrenamiento de la resistencia 189

- entrenamiento de la técnica 531

- entrenamiento de la velocidad 416

- periodización doble 58, 189, 318-319

- periodización sencilla 58, 189, 318-319

- período de competición 57, 326

- período de transición 57, 326

- pretemporada 57, 319

- táctica 541

Período de competición, 326, 387

- resistencia 190

Período de estancamiento en el aprendizaje 531

Período de transición *v. Periodización*

“Persecución de relevos” 430

Placa motora terminal 85

Planes de entrenamiento

- individual 39

- plan de entrenamiento anual 40

- plan de entrenamiento durante varios años (plurianual) 40

- plan de entrenamiento en grupo 39-40

- plan de entrenamiento semanal 41

- plan de sesiones de entrenamiento 41

- plan del macrociclo 41

- plan marco del entrenamiento 39

Planificación de la competición 63

Planificación del entrenamiento 39

Pretemporada 319

Principios básicos del entrenamiento de la fuerza 276, 334

Principios del entrenamiento 25

Principios del entrenamiento deportivo 25

- adecuación a la edad 33

- carga continua 32

- carga creciente 28

- carga individualizada 26

- carga adecuada al objetivo 33

- carga cambiante 29

- carga periódica 32-33

- carga variada 29
 - estímulo eficaz para el entrenamiento 26
 - proporcionalización 34
 - regeneración periódica 33
 - relación óptima entre carga y recuperación 29
 - relación óptima entre preparación general y específica 34
 - sucesión correcta de las cargas 28
- Proceso de aprendizaje, de la técnica 503, 555
- métodos de aprendizaje psicológicos 555
 - tipología de la lateralidad 522
- Proceso de entrenamiento, a largo plazo 53
- Profilaxis de accidentes 479
- Profilaxis de lesiones 223, 440
- Profilaxis postural 223, 441
- Programa de *stretching* (estiramientos) 459
- Programa temporal 217, 218, 366, 374
- acíclico 368, 370, 383
 - cíclico 368, 370
 - corto 217, 218, 219
 - largo 217, 218, 219
- Promoción de talentos 112, 122
- problema 120
 - tesis 112, 113, 114
- Pubescencia
- entrenamiento de la coordinación 497
 - entrenamiento de la fuerza 348
 - entrenamiento de la movilidad 474
 - entrenamiento de la resistencia 210
 - entrenamiento de la velocidad 422
- Pulmones y entrenamiento 148
- Pulsión por el movimiento 93, 473, 515

R

- Reacción 379, 524
- compleja 379, 380
 - electiva 379, 380
 - sencilla 379, 380
- Reaprendizaje 511, 530
- Recorrido de coordinación vienes 491
- Recuperación
- completa 161, 391
 - incompleta 161
- Reflejo de estiramiento muscular 446
- inverso 446
- Reflejo neumomuscular 449
- Reforzadores de la memoria 509
- Regeneración 583
- medidas 585
 - tipos 584
- Regulación del entrenamiento 46, 284, 460
- Relajación muscular profunda 549-550

- Relajación muscular progresiva 549-550
- Repertorio de movimientos 486, 488
- Reserva de movimiento 439
- Reservas de glucógeno 83, 186
- Reservas energéticas 226
- celulares 138
 - hepáticas 138, 139
- Resistencia
- aeróbica 132, 133
 - anaeróbica 132, 133
 - dinámica 133
 - específica 131, 134
 - estática 133
 - general (= resistencia de base) 131, 133, 134, 160
 - test de 171
 - local 131, 134
 - test de 188
 - tipos 131
- Resistencia a corto plazo 132
- perfil de exigencias 170
- Resistencia a largo plazo 132
- exigencias 170
- Resistencia a medio plazo 132
- exigencias 170
- Resistencia de base v. *Resistencia, general*
- importancia 134
- Resistencia de la fuerza 220, 316
- dinámica 221
 - estática 221
 - general 221
 - local 221
 - rápida 298
- Resistencia de la velocidad 383
- entrenamiento 401, 402, 403, 406
- Resistencia del *esprint* 384
- Respiración forzada 302, 449, 617

S

- Salida (arranque) contra “carrera lanzada” 431
- Salto de longitud 341
- Salto de longitud sin carrera 289, 293
- Salto en contramovimiento (SCM) 249, 297, 388, 389
- Salto pliométrico 219, 370, 415
- Salto triple 293, 341
- Sangre, entrenamiento y 146
- Selección de talentos 112, 115, 116
- proceso 115
- Sesión de entrenamiento 41
- organización 41, 42
- Sinapsis 85
- Síndrome de descarga 192
- Sistema cardiovascular y entrenamiento (niños) 144, 194

Sistema motor 86
 Sistema nervioso 84, 85
 Sistematización 15
Skipping (carrera con elevación de rodillas) v. *ABC de la carrera*
 Sobreentrenamiento 30, 168, 180, 589

- parasimpaticotónico 589
- simpaticotónico 589

Esprinter, “nato” 359
Squat jump 249, 296, 297, 388, 389
 Estrés y entrenamiento 615
Stretching 446
 Sueño (importancia para la regeneración) 587
 Suministro energético aeróbico 82
 Suministro energético anaeróbico 80, 81
 Supercompensación 29, 30, 137
 Superseries 243

T

Táctica

- capacidades de regulación 538
- componentes 537
- definición 537
- diagnóstico del rendimiento 541
- específica 537
- formación 609
- general 537
- tipos 537

 Talento, deportivo 111
 Talentos en modalidades de resistencia, natos 137
 Tareas domésticas (deberes en casa) 336, 459
 Técnica

- criterios 502
- definición 501
- entrenabilidad 501-502
- factores de influjo 504
- fases de aprendizaje 504
- importancia 501

 Técnica respiratoria 149
 Telencéfalo 86
 Teoría del esquema 528
 Test del lactato

- resistencia 181

 Test de Conconi 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181

- evaluación 178, 179, 180
- modalidades de realización 178
- principio 176

 Test de Cooper 172, 173, 174, 178, 183

- modificado para niños 173
- tablas de evaluación 172

 Test de flexión del tronco hacia delante 464, 465
 Test de Kraus-Weber 337-338

Testosterona (hormona sexual masculina) 225
 Tests de evaluación 52
 Tests de fuerza 284
 Tests de fuerza máxima 284-285
 Tests de fuerza rápida 289
 Tests de Janda 460, 467, 469

- aductores 468, 469
- erector de la columna 471
- músculos isquiotibiales 470
- psoas ilíaco 468
- recto femoral 468
- tríceps sural 467

 Tests de Kendall y cols. 460, 463
 Tests de movilidad 460
 Tests de resistencia 171
 Tests de resistencia de la fuerza 298
 Tests de resistencia de la fuerza de salto 298
 Tests de velocidad 414
 Tiempo de latencia 378
 Tiempo de reacción 377, 378, 380, 381

- acústica 378, 380, 381
- de motricidad fina 381
- de motricidad gruesa 381
- óptica 378, 380, 381
- táctil 378

 Tiempo de regeneración 32, 101, 102
 Tipología de la lateralidad 526
 Tipos de fibras musculares 76
 Tipos de tests 52
 “Todos por el neumático” 431
Tracking (arrastré de líneas) 528
 Transferencia 228

- contralateral 527
- ventajas 529

 Transferencia contralateral 527
 Transformación morfológica

- primera 103
- segunda 106, 107, 108

 Transmisores 84-85
 Trastorno de la homeostasis 21, 73
 Tronco encefálico 87

U

Umbral aeróbico 158
 Umbral anaeróbico 141, 156, 157, 158, 180, 181, 194
 Umbral de movilización 235
 Unidad motora 227, 228
 Uso preferente de las manos 522
 Uso preferente de las piernas 522

V

Variabilidad 281

Velocidad

- acíclica 370
 - entrenamiento 388
 - antropometría 374
 - cíclica 370
 - entrenamiento 388
 - compleja 356, 357, 366, 396
 - definición 355
 - elemental, *v. Pura*
 - entrenabilidad 358
 - métodos y contenidos de entrenamiento 384
 - principios metodológicos básicos 395
 - principios básicos del entrenamiento
 - pura 356, 358, 366, 370
 - entrenamiento 426
 - tipos 356
- Velocidad de acción 356, 357, 358, 383
- entrenamiento 388
- Velocidad de anticipación 358
- Velocidad de conducción nerviosa 372
- Velocidad de contracción 576
- Velocidad de decisión 358
- Velocidad de frecuencia 356, 357
- Velocidad de movimiento 218, 276, 306, 486
- Velocidad de reacción 357, 377
- entrenamiento 426
- “Ven conmigo; vete corriendo” 431
- Vía piramidal 85
- Vigilancia 577
- Volumen del estímulo 21, 22, 409