

El entrenamiento de resistencia siempre ha buscado el incremento en su efectividad para mejorar sus niveles de rendimiento. Pero a las puertas del siglo XXI, el aumento de la competencia, la mayor demanda de competiciones importantes y las posibilidades económicas y sociales que suponen victorias, medallas y records en las especialidades de resistencia, están imponiendo una mayor disposición hacia la búsqueda de factores que desencadenen mejoras más notables y significativas. En el momento actual, esta búsqueda de una mayor efectividad se centra especialmente en lograr la máxima efectividad en los estímulos de entrenamiento y en las medidas de recuperación, en la utilización de nuevas formas de periodización para el logro de rendimientos más elevados en las competiciones principales, en una mayor profundización sobre los planteamientos adecuados de las cargas para la formación de los deportistas de resistencia a largo plazo y en la mejora del control del entrenamiento y del deportista.

El nivel de rendimiento en resistencia de los deportistas puede mejorar con el desarrollo de nuevas técnicas, tales como un mejor ordenamiento sistemático de los métodos de entrenamiento, una adecuada utilización del entrenamiento en altura o una mayor atención al trabajo dirigido de la resistencia de fuerza.

También los estudios a largo plazo de la dinámica del metabolismo y del análisis de entrenamiento de los jóvenes durante varios años han aumentado los conocimientos del entrenamiento a largo plazo con fines de rendimientos máximos de resistencia.

Las influencias específicas de los medios y los métodos de entrenamiento están razonablemente bien clarificadas. El problema no es la escasez de información sino el necesario control continuo del entrenamiento que no siempre está disponible. Todavía somos incapaces de emplear métodos rápidos para descubrir las mejores dosis posibles para cada tarea de entrenamiento, aunque en las especialidades de resistencia se ha hecho un gran progreso con la utilización de los niveles de lactato sanguíneo y la frecuencia cardiaca para determinar la intensidad. Pero, sin embargo, las posibilidades para estimar el volumen más aconsejable de entrenamiento son todavía modestas.

La asunción del punto de vista de que el entrenamiento está basado en la síntesis proteica de adaptación abre la posibilidad de evaluar la carga de entrenamiento por la acumulación de metabolitos, desencadenada por la síntesis proteica y la aparición de diversas hormonas en la sangre. Aunque esto involucra métodos sofisticados de investigación, no debe desestimarse esta aproximación. Parámetros bioquímicos (lactato, amoníaco, urea, CK), parámetros hormonales (cortisol, testosterona, catecolaminas), parámetros fisiológicos (frecuencia cardiaca, consumo máximo de oxígeno) se utilizan preferentemente para el control del estado de la resistencia en el momento actual.

Con la intención de aportar luz a todo este interesante proceso que se viene fraguando en torno a la resistencia y con el deseo de que a los técnicos implicados en cualquier nivel de desarrollo de la resistencia les pueda servir como referencia, he escrito este libro que espero confirme las esperanzas, empeño e ilusión que he puesto en ello.

Fernando Navarro Valdivielso

ISBN 84-8013-114-4



9 788480 131148

Gymnos, Editorial
García de Paredes, 12
28010 MADRID

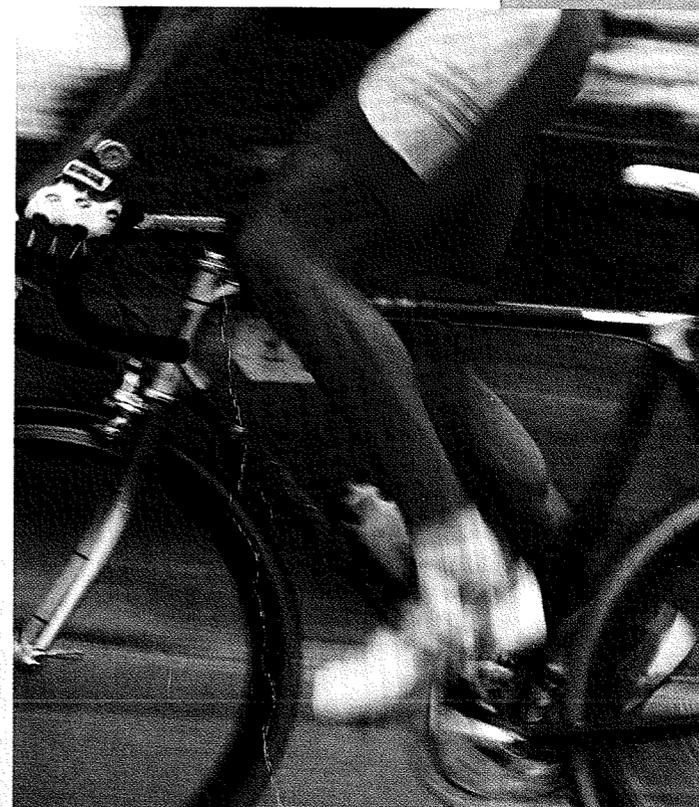
Fernando Navarro Valdivielso

LA RESISTENCIA

E.800.230 NAV

Colección Entrenamiento Deportivo

LA RESISTENCIA



Fernando Navarro Valdivielso

GYMNOS
EDITORIAL

© Gymnos Editorial Deportiva, S.L.
c/ García de Paredes, 12. 28010 Madrid

Composición y Montaje: Editorial Gymnos, S.L.
Dirección Editorial y Diseño: Editorial Gymnos, S.L.
E-Mail: editorial@gymnos.com
http: //www.gymnos.com

Director de la colección. D. José Antonio Ruiz Caballero

I.S.B.N.: 84-8013-114-4
Depósito Legal: M-38067-1998

Impresión: TGA, S.L. - Mantuano, 27 - 28002 Madrid

Reservados todos los derechos. De conformidad con lo dispuesto en el Art. 270, del Código Penal vigente, podrán ser castigados con penas de multa y privación de libertad, quienes reprodujeran o plagiaran, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica fijada en cualquier tipo de soporte, sin la preceptiva autorización.

Impreso en España - Printed in Spain.

A los profesores y colegas de los que tanto aprendí y sigo aprendiendo

A los entrenadores, que tanto me hicieron reflexionar

A los deportistas que me permitieron experimentar

PRÓLOGO	15
INTRODUCCIÓN	17
1. CONCEPTOS GENERALES	19
1.1. La resistencia como capacidad condicional	19
1.2. Importancia de la resistencia en la actividad deportiva	21
1.3. Concepto de resistencia	22
1.3.1. Formas de la fatiga	22
1.3.2. Causas de la fatiga	22
1.3.3. Definición de resistencia	23
1.4. Adaptación y resistencia	25
1.5. La resistencia en relación con los sistemas de producción de energía	29
1.6. La resistencia en relación con las capacidades biomotoras	37
1.7. Factores de la capacidad de resistencia	43
1.7.1. Factores musculares	43
1.7.1.1. Fibras musculares	43
1.7.1.2. Reservas de energía	44
1.7.1.3. Actividad enzimática	45
1.7.1.4. Regulación hormonal	46
1.7.2. Factores cardiocirculatorios	47
1.7.2.1. Capilarización	47
1.7.2.2. Volumen sanguíneo	47
1.7.2.3. Tamaño del corazón	47
2. TIPOS DE RESISTENCIA	49
2.1. Tipos de resistencia en relación con el volumen de la musculatura implicada	49
2.2. Tipos de resistencia en relación a la forma de especificidad de la modalidad deportiva	50

2.3. Tipos de resistencia en relación con la forma de obtener la energía muscular	53
2.4. Tipos de resistencia en relación a la forma de trabajo de la musculatura esquelética	53
2.5. Tipos de resistencia en relación al tiempo de duración del esfuerzo	55
2.6. Tipos de resistencia en relación a la forma de intervención con otras capacidades condicionales	57
2.6.1. Resistencia de fuerza	57
2.6.2. Resistencia de velocidad	62
3. ESTRUCTURA DE LA RESISTENCIA BASICA	63
3.1. Resistencia básica I (RBI)	65
3.2. Resistencia básica II (RB II)	66
3.3. Resistencia básica III (RBIII)	68
4. ESTRUCTURA DEL RENDIMIENTO DE LA RESISTENCIA ESPECIFICA ..	71
4.1. La resistencia de corta duración (RDC)	73
4.1.1. Los límites temporales	73
4.1.2. Demandas de los sistemas funcionales en los esfuerzos de RDC	73
4.1.2.1. El sistema motor	73
4.1.2.2. Bases energéticas del rendimiento	74
4.1.2.3. Bases cardiovasculares de rendimiento	75
4.2. La resistencia de duración media (RDM)	81
4.2.1. Los límites temporales	81
4.2.2. Demandas de los sistemas funcionales en los esfuerzos de RDM	81
4.2.2.1. El sistema motor	81
4.2.2.2. Bases energéticas del rendimiento	81
4.2.2.3. Bases cardiovasculares del rendimiento	85
4.3. Resistencia de larga duración (RLD I)	86
4.3.1. Límites temporales	86
4.3.2. Demandas de los sistemas funcionales en los esfuerzos de RLD I	87
4.3.2.1. El sistema motor	87
4.3.2.2. Bases energéticas del rendimiento	87
4.3.2.3. Bases cardiovasculares del rendimiento	89
4.4. Resistencia de duración larga II (RDL II)	90
4.4.1. Límites temporales	90
4.4.2. Demandas de los sistemas funcionales en los esfuerzos de RDL II	90
4.4.2.1. El sistema motor	90
4.4.2.2. Bases energéticas del rendimiento	90
4.4.2.3. Bases cardiovasculares del rendimiento	92
4.5. Resistencia de larga duración III (RDL III)	93
4.5.1. Límites temporales	93
4.5.2. Demandas de los sistemas funcionales en los esfuerzos de RDL III	93
4.5.2.1. El sistema motor	93
4.5.2.2. Bases cardiovasculares del rendimiento	93
4.5.2.3. Bases energéticas del rendimiento	94

4.6. Resistencia de larga duración IV (RDL IV)	96
4.6.1. Límites temporales	96
4.6.2. Demandas de los sistemas funcionales en los esfuerzos de RDL IV	97
4.6.2.2. El sistema motor	97
4.6.2.3. Bases energéticas del rendimiento	97
4.6.2.4. Bases cardiovasculares del rendimiento	98
4.7. Variaciones de los distintos tipos de resistencia específica en función de las modalidades deportivas en el alto rendimiento	98
5. METODOS DE ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA	101
5.1. Métodos utilizados para el desarrollo de la resistencia	101
5.1.1. Método continuo	101
5.1.1.1. Método continuo uniforme	102
5.1.2. Métodos fraccionados	109
5.1.2.1. Método interválico	109
5.1.2.2. Método de repeticiones	116
5.1.2.3. Entrenamiento modelado	121
6. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE BASE	129
6.1. El entrenamiento de la resistencia de base	129
6.1.1. El entrenamiento de la resistencia de base I (RB I)	130
6.1.2. El entrenamiento de la resistencia de base II (RB II)	131
6.1.3. El entrenamiento de la resistencia de base III (RB III)	132
7. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA ESPECIFICA	135
7.1. Entrenamiento de la resistencia de duración corta (RDC: 35s-2m)	136
7.2. Entrenamiento de la resistencia de duración media (RDM: 2m-10m)	141
7.3. Entrenamiento de la resistencia de duración larga I (RDL I: 10m-35m)	144
7.4. Entrenamiento de la resistencia de duración larga II (RDL II: 35 m-90 m)	146
7.5. Entrenamiento de la resistencia de duración larga III (RDL III: 90m- 6h)	147
7.6. Entrenamiento de la resistencia de duración larga IV (RDL IV: más de 6 h)	148
8. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN CONDICIONES ESPECIALES	151
8.1. El entrenamiento en altura	151
8.1.1. Efectos del entrenamiento en altura	152
8.1.2. Aspectos previos a tener en cuenta en el entrenamiento en altura	155
8.1.3. Tipos de entrenamiento en altura	160
8.1.4. Cómo entrenar antes de la estancia en altura	164
8.1.5. Cómo entrenar en altura	165
8.1.5.1. La fase de aclimatación	165
8.1.5.2. La fase de entrenamiento	165
8.1.5.3. Fase de asimilación y recuperación	167
8.1.6. Cómo actuar en el regreso al nivel del mar	167
8.2. El entrenamiento de resistencia con resistencias adicionales	170

9. EL CONTROL DEL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA	173
9.1. Cómo evaluar	176
9.2. Monitorización fisiológica	177
9.2.1. El consumo de oxígeno	177
9.2.1.1. Medición directa del VO_2 max a partir de variables ventilatorias	179
9.2.1.2. Medición indirecta del VO_2 max mediante test de campo	180
9.2.2. La frecuencia cardíaca	183
9.2.2.1. El test de Treffene	184
9.2.2.2. El test de Conconi	186
9.2.2.3. El test de Probst	188
9.3. Monitorización bioquímica	190
9.3.1. El lactato sanguíneo	190
9.3.1.1. Umbral convencional	191
9.3.1.2. Modelo log-log	191
9.3.1.3. Modelo del índice de la pendiente con una tangente individual	192
9.3.1.4. Modelo del índice de la pendiente con una tangente fija	193
9.3.1.5. Concentración fija de lactato	194
9.3.1.6. Concentración de lactato de 1mmol/l por encima de la línea base	196
9.3.1.7. Modelo del umbral anaeróbico individual (IAT)	197
9.3.1.8. Modelos de intensidad constante	199
9.3.1.9. Test de lactato mínimo	201
9.3.2. Amoniaco	203
9.3.3. Creatina quinasa	204
9.3.4. Urea	204
9.3.5. Testosterona y cortisol	205
9.3.6. Adrenalina y noradrenalina	206
9.4. Aplicaciones de los test de lactato al entrenamiento	207
9.4.1. Estructuración del test progresivo	208
9.4.1.1. Número de escalones	209
9.4.1.2. La carga en cada uno de los escalones. Intensidad, duración y proporción de la progresión	209
9.4.1.3. La duración de las pausas	210
9.4.1.4. El momento de extracción de sangre para la determinación de la concentración de lactato	211
9.4.1.5. Aspectos previos a la realización del test	211
9.4.2. Análisis de las curvas de lactato	212
9.4.2.1. Fiabilidad de la curva	212
9.4.2.2. Indicadores característicos de la curva	212
9.4.2.3. Interpretación de las curvas de rendimiento-lactato	214
9.4.2.4. Influencia del entrenamiento sobre las modificaciones de las curvas de rendimiento-lactato	216

9.4.2.5. Influencia de la puesta a punto sobre las modificaciones de las curvas de rendimiento-lactato	220
9.4.2.6. Importancia de la relación de los parámetros cinemáticos con la concentración de lactato	221
9.5. Evaluación del rendimiento anaeróbico	229
9.5.1. Valoración de la capacidad de rendimiento de duración corta	229
9.5.1.1. El test de Margaria	230
9.5.1.2. El test de Quebec	230
9.5.1.3. El test máximo isocinético en 10 segundos	231
9.5.1.4. El test de carrera de 50 metros	231
9.5.2. Valoración de la capacidad de rendimiento de duración media	231
9.5.2.1. El test de Wingate de 30 segundos	231
9.5.2.2. El test de carga constante de Bruyn-Prévost	233
9.5.2.3. El test máximo isocinético de 20 a 50 segundos	233
9.5.2.4. El test de rendimiento específico de 20 a 50 segundos	233
9.5.3. Valoración de la capacidad de rendimiento de duración larga	233
9.5.3.1. El test de salto vertical de 60 segundos	234
9.5.3.2. El test de Quebec de 90 segundos	235
9.5.3.3. El test de cinta rodante	235
9.5.3.4. El test máximo ded 120 segundos	235
9.5.3.5. Test máximos isocinéticos de 60 a 120 segundos	235
9.5.3.6. El test de rendimiento específico de 60 a 120 segundos	235

10. PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO EN LOS DEPORTES DE RESISTENCIA	237
10.1. Niveles de entrenamiento	237
10.2. Contenidos de entrenamiento de cada nivel	239
10.3. Distribución de los contenidos de entrenamiento	240
10.4. Factores que afectan al entrenamiento de cada nivel	242
10.5. Modelos de planificación del entrenamiento en deportes de resistencia	244
10.5.1. Tipos de cargas	245
10.5.2. Periodización tradicional	246
10.5.3. Acentuación sucesiva	250
10.5.3.1. Variantes básicas para el desarrollo del entrenamiento y el rendimiento	253
10.5.3.2. Un caso de acentuación de las cargas en relación con los sistemas de energía	256
10.5.4. Macro ciclo integrado	258
10.5.5. El sistema de bloques	265
10.5.5.1. Un ejemplo de corredores mediofondistas (800 metros)	276
10.5.6. El macro ciclo ATR	278
10.5.7. Diferencias y similitudes entre los modelos de planificación con cargas acentuadas y con cargas concentradas	283

11. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LARGO PLAZO	285
11.1. La capacidad de retención de los sistemas implicados en la resistencia	285
11.1.1. Recomendaciones para alcanzar una reserva de entrenamiento óptima en resistencia	289
11.2. El entrenamiento de resistencia según la edad	290
11.2.1. La resistencia en los jóvenes	291
11.2.2. Entrenamiento de la resistencia	293
 BIBLIOGRAFIA CITADA	 299

PRÓLOGO

La obra que presenta el Dr. Fernando Navarro es probablemente la revisión más seria que se ha realizado en lengua castellana sobre el ejercicio de resistencia. Integra numerosos estudios experimentales con aspectos prácticos del deporte de resistencia, algo que en fisiología del deporte es difícil de conjugar.

Este libro es el producto de la inquietud de una persona que ha trabajado con una elevada exigencia de rendimiento físico en deportes de resistencia como es la natación, y ha tenido en la fisiología del ejercicio a su mejor aliado. El autor nos ofrece de forma integrada todo lo que ha necesitado y utilizado de la fisiología del ejercicio y de la teoría y práctica del entrenamiento, que no es poco.

Debido a la riqueza de conocimientos científicos que el autor enumera de forma bien estructurada, la obra se presenta como un texto de consulta para los estudiantes de Educación Física. Esta obra destaca por su orientación para tarea en áreas de la enseñanza y del entrenamiento deportivo.

Pero el libro "La Resistencia" va a impactar por la unificación del lenguaje en el ámbito de entrenamiento deportivo de resistencia, haciendo que el entrenador-preparador, el médico deportivo y el fisiólogo hablen con los mismos términos cuando se refieren a determinados fenómenos fisiológicos. Asimismo, éste texto me parece importante y de fácil manejo para todos aquellos que se quieran adentrar en el complejo y a la vez apasionante mundo del entrenamiento en deportes de resistencia.

Sabino Padilla Magunacelaya
Profesor de Fisiología I.V.E.F. y Facultad de Medicina U.P.V.

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de resistencia siempre ha buscado el incremento en su efectividad para mejorar sus niveles de rendimiento. Pero a las puertas del siglo XXI, el aumento de la competencia, la mayor demanda de competiciones importantes y las posibilidades económicas y sociales que suponen victorias, medallas y records en las especialidades de resistencia, están imponiendo una mayor disposición hacia la búsqueda de factores que desencadenen mejoras más notables y significativas.

En el momento actual, esta búsqueda de una mayor efectividad se centra especialmente en lograr la máxima efectividad en los estímulos de entrenamiento y en las medidas de recuperación, en la utilización de nuevas formas de periodización para el logro de rendimientos más elevados en las competiciones principales, en una mayor profundización sobre los planteamientos adecuados de las cargas para la formación de los deportistas de resistencia a largo plazo y en la mejora del control del entrenamiento y del deportista.

El nivel de rendimiento en resistencia de los deportistas puede mejorar con el desarrollo de nuevas técnicas, tales como un *mejor ordenamiento sistemático de los métodos de entrenamiento, una adecuada utilización del entrenamiento en altura o una mayor atención al trabajo dirigido de la resistencia de fuerza.*

Por otro lado, el mayor conocimiento sobre las leyes de la adaptación biológica ha favorecido la aparición de nuevos modelos de planificación según el nivel de aplicación con cargas acentuadas y concentradas. Si bien sigue vigente la periodización tradicional de Matveyev, aunque con ciertas modificaciones, los modelos de periodización de acentuación sucesiva, de bloques y ATR se van imponiendo en la organización del entrenamiento en los deportes de resistencia.

También los estudios a largo plazo de la dinámica del metabolismo y del análisis de entrenamiento de los jóvenes durante varios años han aumentado los conocimientos del entrenamiento a largo plazo con fines de rendimientos máximos de resistencia. Se ha avanzado en la propuesta de modelos de planificación a largo plazo, basados en criterios establecidos y normas fijas para la aplicación de cargas de entrenamiento con el fin de planificar más racionalmente el entrenamiento, atendiendo a la particularidad de cada deporte y especialidad, así como a las características de desarrollo de los jóvenes deportistas.

Las influencias específicas de los medios y los métodos de entrenamiento están razonablemente bien clarificadas. El problema no es la escasez de información sino el necesario control continuo del entrenamiento que no siempre está disponible. Todavía somos incapaces de emplear métodos rápidos para descubrir las mejores dosis posibles para cada tarea de entrenamiento, aunque en las especialidades de resistencia se ha hecho un gran progreso con la utilización de los niveles de lactato sanguíneo y la frecuencia cardíaca para determinar la intensidad. Pero, sin embargo, las posibilidades para estimar el volumen más aconsejable de entrenamiento son todavía modestas.

La asunción del punto de vista de que el entrenamiento está basado en la síntesis proteica de adaptación abre la posibilidad de evaluar la carga de entrenamiento por la acumulación de metabolitos, desencadenada por la síntesis proteica y la aparición de diversas hormonas en la sangre. Aunque esto involucra métodos sofisticados de investigación, no debe desestimarse esta aproximación. Parámetros bioquímicos (lactato, amoníaco, urea, CK), parámetros hormonales (cortisol, testosterona, catecolaminas), parámetros fisiológicos (frecuencia cardíaca, consumo máximo de oxígeno) se utilizan preferentemente para el control del estado de la resistencia en el momento actual.

Con la intención de aportar luz a todo este interesante proceso que se viene fraguando en torno a la resistencia y con el deseo de que a los técnicos implicados en cualquier nivel de desarrollo de la resistencia les pueda servir como referencia, he escrito este libro que espero confirme las esperanzas, empeño e ilusión que he puesto en ello.

1. CONCEPTOS GENERALES

1.1. LA RESISTENCIA COMO CAPACIDAD CONDICIONAL

Las principales formas de exigencias motoras pueden dividirse en dos áreas:

1. Las características condicionales (resistencia, fuerza y velocidad).
2. Las características coordinativas (movilidad, agilidad)

Las *características condicionales* se basan en el hecho de que las cualidades que determinan la condición física derivan sobre todo de los procesos energéticos, mientras que las *coordinativas* derivan de procesos de regulación y control que tienen su sede en el sistema nervioso central (Weinek 1991). Por lo general, las características condicionales representan la base material para las coordinativas. En la práctica deportiva, las características condicionales sólo aparecen en casos muy raros en formas «casi puras», como por ejemplo, en el levantador de peso como representante de la fuerza (máxima) o en el maratoniano como representante de la resistencia (aeróbica). El primer caso requiere un desarrollo inusual de los músculos esqueléticos (especialmente de las fibras musculares de contracción rápida del tipo II), mientras que en el caso del maratoniano es determinante la predominancia de las fibras de contracción lenta del tipo I (figura 1.1) y de la capacidad para suministrar el oxígeno y los nutrientes necesarios, mientras se elimina el calor, el dióxido de carbono y otros productos de desecho y se mantiene la homeostasis en otras partes del cuerpo.

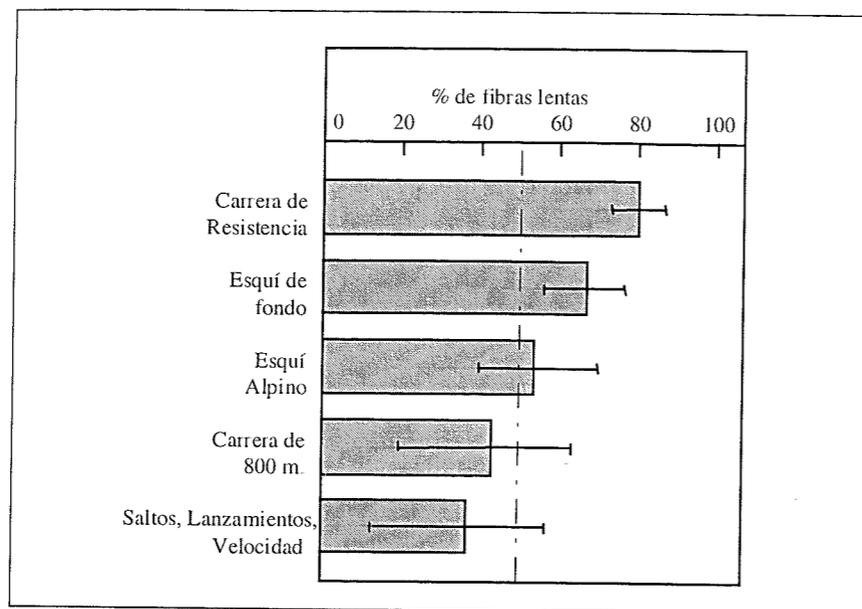
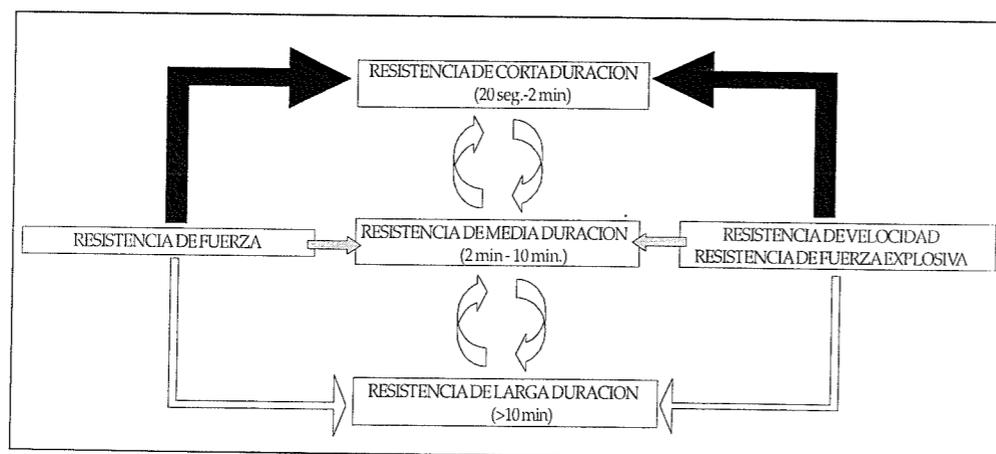


Figura 1.1. Predominancia de las fibras musculares de contracción lenta (tipo I) entre deportistas de alto nivel. Adaptado de Dirix, Knutten et al 1988

No obstante, como se muestra en la figura 1.2. generalmente aparecen formas mixtas, que se basan en presupuestos anatómico-fisiológicos gradualmente diferenciados.

Figura 1.2. Relación de las capacidades condicionales. Adaptado de (Harre 1987; Weineck 1988)



Por razones de mayor claridad, a lo largo del texto se presentará aisladamente la forma motriz de resistencia con sus correspondientes manifestaciones. Sin embargo, debido a la exigencia de relaciones recíprocas, serán inevitables ciertas superposiciones.

1.2. IMPORTANCIA DE LA RESISTENCIA EN LA ACTIVIDAD DEPORTIVA

La particularidad del tipo de deporte es un factor decisivo para entender la importancia de la resistencia. Correr un maratón, recorrer 200 Km en bicicleta o hacer un triatlón son muestras evidentes de la necesidad de la resistencia. Sin embargo, un deportista normalmente realiza sesiones de entrenamiento de varias horas, un partido de tenis puede durar 4 horas o más. El tiempo efectivo en deportes de equipo, utilizando ejercicios intermitentes, va de 4 x 5 minutos en waterpolo a 2 x 45 minutos en fútbol, sin contar que, a menudo, el tiempo total del juego puede llegar a ser más largo que el tiempo efectivo (prórrogas, desempates).

La respuesta fisiológica puede ser muy diferente en un ejercicio continuo que en un ejercicio intermitente, como por ejemplo, esfuerzos cortos de ejercicio intensivo, de ahí que Astrand (Shephard y P.O. 1992, 8) señale la importancia de incluir en la discusión básica del entrenamiento de la resistencia las pruebas deportivas de duración corta, debido a que las mismas pueden demandar varias horas de ejercicios diarios.

Pero además es importante tener en cuenta si los movimientos son cíclicos o acíclicos, con mucha o poca intervención de fuerza o velocidad o si se presenta una concentración elevada o baja.

En el alto rendimiento deportivo se busca el desarrollo de la resistencia con alguno de los fines siguientes:

- poder mantener una cierta intensidad de carga durante el mayor tiempo posible (muchos deportes cíclicos de resistencia).
- aumentar la capacidad de soportar las cargas en entrenamientos o competiciones (varias pruebas, torneos de deportes colectivos, deportes de lucha).
- recuperarse rápidamente entre las fases de esfuerzo (en entrenamiento y en competición).
- estabilización de la técnica deportiva y de la capacidad de concentración en deportes de mayor exigencia técnica (saltos de trampolín, tiro olímpico o tiro con arco, gimnasia artística, etc.).

1.3. CONCEPTO DE RESISTENCIA

El concepto de resistencia en la actualidad contempla esfuerzos con duraciones muy amplias que van desde los 20 segundos hasta 6 horas y más. La mayoría de las definiciones sostienen en común el concepto de capacidad psicofísica del deportista para resistir la fatiga (Bompa 1983; Ozolín 1983; Platonov 1988; Weineck 1988; Neuman 1990; Zintl 1991) (Véase tabla 1.1). El principal factor que limita y, al mismo tiempo, afecta al rendimiento de un deportista es la fatiga. De este modo, una persona se considera que tiene resistencia cuando no se fatiga fácilmente o es capaz de continuar el trabajo en estado de fatiga.

1.3.1. FORMAS DE LA FATIGA

Ante la presencia de la fatiga se produce un deterioro del rendimiento. Por ejemplo, el ritmo de un corredor puede hacerse más lento o la fuerza de las contracciones musculares isotónicas máximas pueden disminuir. Desde el punto de vista fisiológico, las causas de la fatiga pueden estar en una insuficiente transmisión de impulsos apropiados para las fibras musculares activas, un fallo de los mecanismos para la reposición de moléculas de fosfato de alta energía necesarias para la contracción muscular o problemas más generales de homeostasis (Shephard y P.O. 1992, 27). Pero aparte de la fatiga física, se puede presentar un deterioro transitorio del rendimiento a nivel de la concentración mental (*fatiga mental*), una disminución transitoria de la percepción visual, auditiva o táctil (*fatiga sensorial*) o ausencia de los estímulos volitivos o emocionales para el rendimiento deportivo (*fatiga emocional*).

Así pues, en el deporte de alto rendimiento es frecuente observar una disminución del rendimiento a causa de la fatiga nerviosa (mental, sensorial, emocional) o la fatiga física (motora o coordinativa). Estas formas de cansancio no se manifiestan de forma aislada sino en estrecha combinación, debido a los diversos efectos causados por la fatiga.

1.3.2. CAUSAS DE LA FATIGA

En función de los diferentes objetivos del entrenamiento de la resistencia, las posibles causas de la fatiga pueden ser (Zintl 1991, 28):

- *disminución de las reservas energéticas* (por ejemplo, fosfocreatina, glucógeno),
- *acumulación de sustancias intermedias y terminales del metabolismo* (por ejemplo, lactato, urea),

- *inhibición de la actividad enzimática* por sobreacidez o cambios en la concentración de las enzimas,
- *desplazamiento de electrolitos* (por ejemplo del potasio y del calcio en la membrana celular),
- *disminución de las hormonas por el esfuerzo fuerte y continuo* (por ejemplo, la adrenalina y noradrenalina como sustancia de transmisión, la dopamina en el sistema nervioso central),
- *cambios en los órganos celulares* (por ejemplo, las mitocondrias) y en el núcleo de la célula,
- *procesos inhibidores a nivel del sistema nervioso central* por la monotonía de las cargas (sobrecarga causada por bajas exigencias),
- *cambios en la regulación a nivel celular* dentro de cada uno de los sistemas orgánicos.

Así pues, para el logro de muchos rendimientos deportivos, esta capacidad de la condición física se considera un requisito indispensable, ya que un desarrollo efectivo de la misma permitirá una cierta intensidad de carga durante el mayor tiempo posible, reducir al mínimo las pérdidas inevitables de intensidad, o incluso, recuperarse rápidamente entre las fases de trabajo físico.

1.3.3. DEFINICIÓN DE RESISTENCIA

Como ya se ha citado anteriormente, la resistencia está relacionada directamente con la capacidad de resistir a la fatiga. Cuando se intenta definir esta capacidad, es difícil que no aparezca este aspecto (tabla 1.1.). No obstante, la resistencia depende de muchos factores, tales como la velocidad, la fuerza muscular, las capacidades técnicas de ejecución de un movimiento eficiente, la capacidad para utilizar económicamente los potenciales funcionales, el estado psicológico cuando se ejecuta el trabajo, etc.

En muchas formas de competición prolongada, los factores centrales (especialmente la capacidad de bombeo del corazón) sostienen una presencia muy importante en el éxito, pero en algunas disciplinas, la capacidad de sostener una contracción muscular (resistencia muscular isométrica), como en el caso de un esgrimista, puede llegar a ser un factor decisivo. En otras ocasiones, como por ejemplo en un torneo de tenis, son necesarios poderosos movimientos repetitivos del brazo.

Tabla 1.1. Algunas definiciones de resistencia

Autor	Definición
(Bompa 1983, p.245)	"Límite de tiempo sobre cual el trabajo a una intensidad determinada puede realizarse".
(Grosser, Brüggemann et al. 1989, p.120)	"Capacidad física y psíquica de soportar el cansancio frente a esfuerzos relativamente largos y/o la capacidad de recuperación rápida después de los esfuerzos".
(Manno 1991, p.157)	"Capacidad de resistir a la fatiga en trabajos de prolongada duración".
(Weineck 1988, p.93)	"Capacidad psicofísica del deportista para resistir a la fatiga".
(Harre 1987, p.147)	"Capacidad del deportista para resistir a la fatiga".
(Zintl 1991, p.31)	"Capacidad de resistir psíquica y físicamente a una carga durante largo tiempo produciéndose finalmente un cansancio (= pérdida de rendimiento) insuperable (manifiesto) debido a la intensidad y la duración de la misma y/o de recuperarse rápidamente después de esfuerzos físicos y psíquicos".
(Alves 1998, p.11)	"Capacidad de realizar una prestación de una determinada intensidad sin deterioro de la eficiencia mecánica, a pesar de la acumulación de fatiga".

Pero independientemente del tipo de especialidad, también existe una necesidad de fortaleza psicológica - una motivación para soportar el dolor y la incomodidad. Aquellos deportistas que dominen este aspecto pueden llegar a tener una mayor ventaja sobre sus rivales en competiciones de resistencia.

Desde el punto de vista bioquímico, la resistencia se determina por la relación entre la magnitud de las reservas energéticas accesibles para la utilización y la velocidad de consumo de la energía durante la práctica deportiva (Menshikov y Volkov 1990), por lo que también se puede definir como un proceso complejo de adaptación morfo-funcional provocado en el ámbito celular en los músculos esqueléticos concretos que intervienen en la actividad física.

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Reservas energía (J)}}{\text{Velocidad consumo de energía (J/min)}}$$

En consecuencia, consideramos la resistencia como la capacidad para soportar la fatiga frente a esfuerzos prolongados y/o para recuperarse más rápidamente después de los esfuerzos.

1.4. ADAPTACIÓN Y RESISTENCIA

Cuando el organismo humano está en reposo, los sistemas funcionales están en equilibrio. Este estado del organismo es denominado *homeostásis*. Esta homeostásis se ve alterada por una carga de entrenamiento o competición. Cuando esta carga es aplicada sobre el organismo se producen diversas alteraciones que se reflejan en diversos parámetros de forma inmediata o a más largo plazo en función de la magnitud de la carga y de su continuidad. El organismo tiene la posibilidad de compensar la alteración momentánea de la homeostásis con una adaptación inmediata a la sollicitación de la carga (figura 1.3)

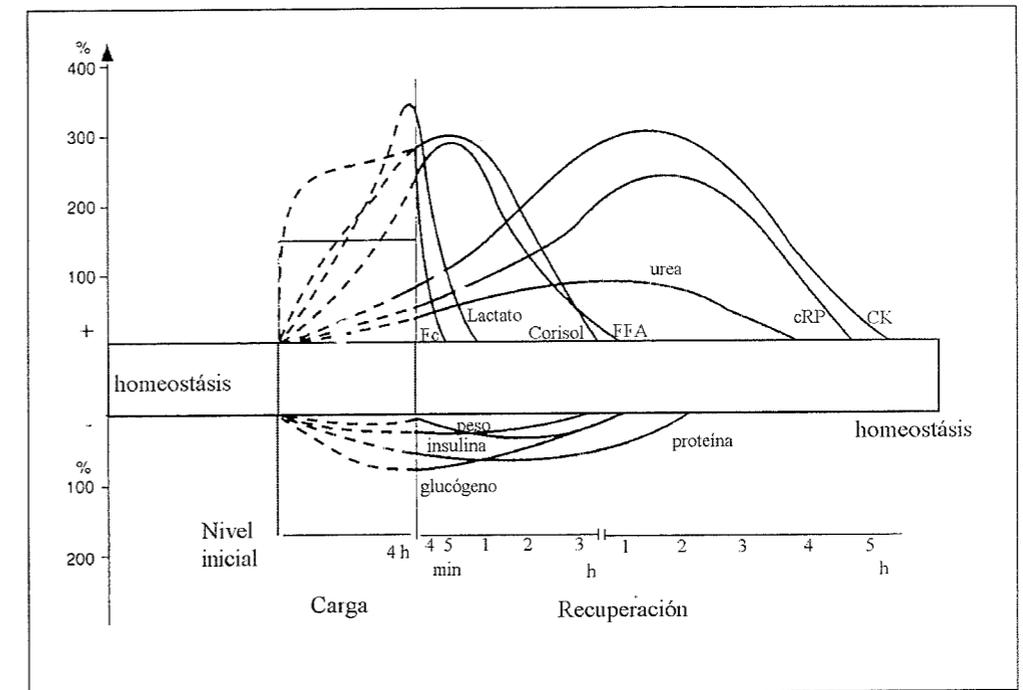


Figura 1.3. Representación esquemática de la alteración del estado de la homeostásis del organismo producida por una carga de 4 horas de duración. El retorno a la normalidad de algunos parámetros es de diversa duración y puede prolongarse durante varios días (Fc, frecuencia cardíaca, FFA, ácidos grasos libres, cRP, proteína c reactiva, CK, creatinaquinasa) (Neuman 1994)

En lo que respecta a la adaptación cronológica en los deportes de resistencia, Neuman (1994) describe un modelo que se lleva a cabo en cuatro fases (figura 1.4.):

Primera fase. Corresponde al cambio en el control motor. El deportista reduce las acciones superfluas en la ejecución del movimiento específico de su especialidad y el movimiento se realiza más fluido y eficaz (transformación de la señal), lo que permite un consumo de energía menor. Este hecho retarda la aparición de la fatiga muscular y permite mantener más tiempo el estado de la homeostásis.

Este ajuste funcional se produce con la colaboración del sistema de regulación neuroendocrina y vegetativa. La mayor duración del trabajo muscular se ve favorecida por el aumento de las enzimas claves del metabolismo aeróbico y anaeróbico.

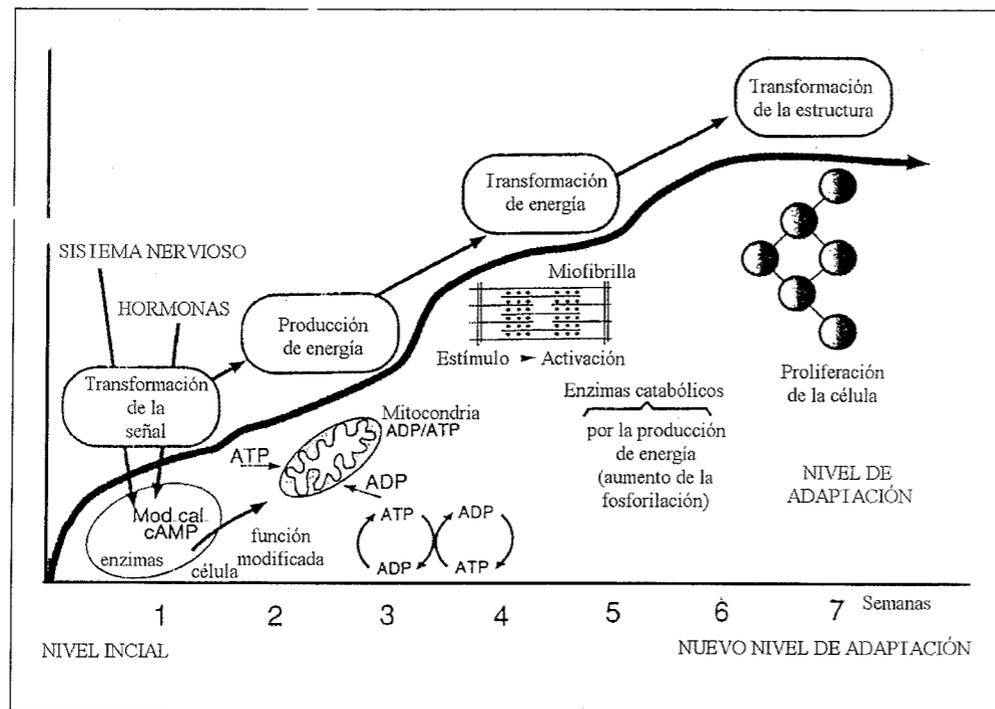


Figura 1.4. Modelo de la adaptación cronológica del entrenamiento de la resistencia. Adaptado de Neuman (1994)

El cambio en el programa de control motor va paralelo a la mejora de la aportación energética en los grupos musculares implicados. El reclutamiento de las fibras de contracción lenta y rápidas (tipo I y IIa) se adapta a la exigencia del deporte. El cambio motor y la mejora de la aportación energética se realiza en un período de cerca de 10 días (figura 1.5)

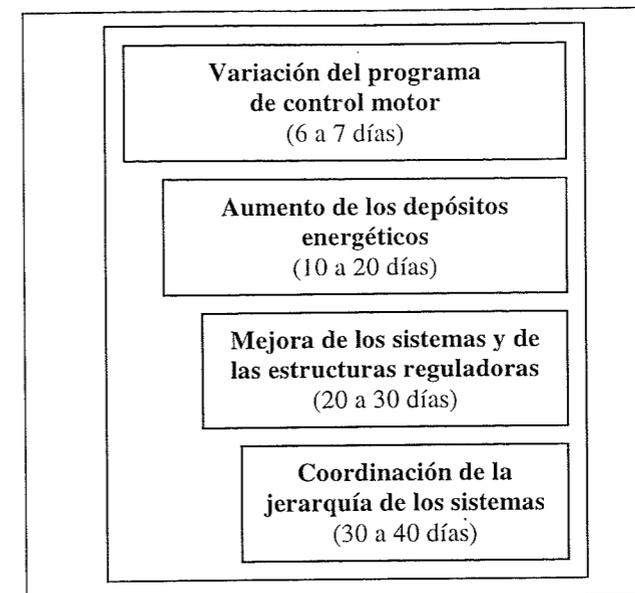


Figura 1.5. Las fases de la adaptación al entrenamiento. Según Neuman (1994)

Segunda fase. Se produce un aumento de la reserva energética y de las proteínas estructurales y funcionales. La reserva de glucógeno puede aumentar de 200 a 400 gramos, dependiendo del programa y de la metodología del entrenamiento que se aplique. Este aumento requiere un mayor espacio en la fibra muscular, por lo que se produce un ligero aumento del volumen de la fibra muscular. El presupuesto fisiológico para esta hipertrofia muscular se produce si al entrenamiento de la resistencia se le añade la componente de fuerza (entrenamiento de la resistencia de fuerza). Para el aumento de la reserva energética y el inicio de la hipertrofia muscular es necesario un período de al menos 20 días.

Tercera fase. Se caracteriza por una mejora funcional a través de la modificación estructural. La modificación en la estructura de la musculatura requiere que se instaure un nuevo equilibrio con la unidad motora que la «controla». La fibra muscular debe activarse de modo adecuado a la carga específica. La característica de la activación y de la regulación de las fibras de contracción lenta y rápidas deben sintonizar con la exigencia energética.

La mejora funcional de la capacidad de prestación muscular está sujeta al aumento de la fuerza y el suministro energético del músculo. Este estado se produce por lo general entre la tercera y la cuarta semana de entrenamiento (figura 1.6) y requiere una clara disminución de la carga.

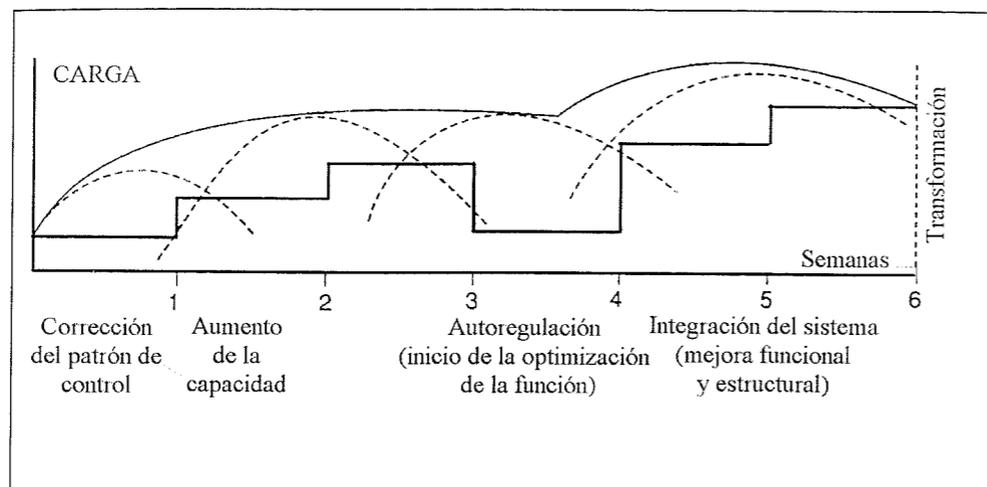


Figura 1.6. Representación de un ciclo 3:1 de carga-descarga y del proceso de adaptación que se desarrolla en la musculatura y en la estructura regulada centralmente. Según Neuman (1994)

La disminución de la carga de entrenamiento después de tres semanas de entrenamiento tiene como objetivo reducir el consumo total de energía y facilitar el proceso de adaptación. Si este estado funcional fisiológico se altera con estímulos de entrenamiento demasiado elevados o excesivos desde el punto de vista energético, la posibilidad de la adaptación puede verse afectada. La asimilación del estímulo en la semana cuarta de entrenamiento se ve favorecida si la carga global disminuye un 30% como mínimo. La sintonización entre la función y la estructura reguladora requieren cerca de 30 días y forma parte de la fase sensitiva en el entrenamiento de alto nivel.

Cuarta fase. El deportista alcanza un efecto útil de entrenamiento cuando la jerarquía central de control (sistema neuroendocrino, vegetativo e inmunitario) se armonizan con el nuevo nivel de la musculatura entrenada.

La regulación funcional periférica y central es un proceso que requiere tiempo y necesita cerca de dos semanas para completarse, por lo que el sistema de adaptación concluye después de aproximadamente 40 días de entrenamiento. Para la transformación del nivel logrado de adaptación en la prestación deportiva específica es necesaria la repetición de cargas intensivas (competición con breve período de recuperación). En un nivel de adaptación determinado y con la formación de un estereotipo motor muy estable, el deportista obtiene una mejora de la prestación después de una serie de cargas intensivas y de competición. Generalmente es necesario varios intentos antes de alcanzar el «optimum» entre el presupuesto de prestación nervioso central y muscular periférico.

El final de esta fase de adaptación en un nivel más elevado funcional y estructural se alcanza después de aproximadamente 4-6 semanas de entrenamiento. Con la formación de esta fase disminuye el «dispendio» biológico en la realización de la carga. En el control del entrenamiento, esto puede observarse a través de la frecuencia cardíaca, el lactato, la urea o la creatinaquinasa.

Una vez obtenida la adaptación a la carga de entrenamiento realizada, el deportista inicia la fase competitiva o continua con otro ciclo para alcanzar un nuevo y más elevado nivel de adaptación. En este último caso, será necesario aumentar el estímulo a través de la carga de entrenamiento.

1.5. LA RESISTENCIA EN RELACIÓN CON LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

La resistencia, como capacidad física, se caracteriza por las posibilidades del deportista para realizar un trabajo muscular durante un tiempo prolongado, manteniendo unos parámetros determinados de movimiento.

La realización de cualquier trabajo exige unos gastos de energía específicos. La única fuente de energía para la contracción muscular es el adenosintrifosfato (ATP). Para que los músculos puedan trabajar durante mucho tiempo es necesaria la recuperación (resíntesis) continua de ATP. Esta resíntesis de ATP se realiza como consecuencia de las reacciones bioquímicas basadas en tres mecanismos de producción de energía del organismo humano:

- *Aeróbico* – a través de la oxidación, es decir, con la participación directa de O_2 de los hidratos de carbono y las grasas que contiene el organismo;
- *Anaeróbico láctico (glucolítico)* – que presupone la disociación anaeróbica (sin presencia de O_2) del glucógeno, con la formación final de lactato;
- *Anaeróbico aláctico* - unidos a los componentes fosfágenos presentes en los músculos en actividad, principalmente del fosfato de creatina (FC).

Cada uno de estos sistemas se pueden considerar como factorías de energía controladas por enzimas que facilitan la energía potencial contenidas en los diversos tipos de combustibles para formar ATP.

La figura 1.7 es un diagrama de los sistemas de energía y de las fuentes de ATP muscular. El diagrama representa los sistemas de energía como recipientes llenos de combustible. En cada uno de los sistemas de energía, el tamaño del recipiente y la cantidad de combustible almacenado dentro de ellos son reflejo de la capacidad total de ese sistema de energía para producir ATP. Asimismo, cada recipiente tiene un grifo, cuyo tamaño representa el ritmo máximo con el que cada sistema de energía puede utilizar el combustible para formar ATP. Por eso, el grifo conectado al depósito de ATP es el más grande de los cuatro. Esto significa que el ritmo en que el músculo es capaz

de utilizar ATP para un ejercicio máximo siempre será mayor si se utilizan los tres sistemas de energía que solo uno. Así, la resíntesis de ATP durante el ejercicio se logra por la acción combinada de los tres sistemas de energía.

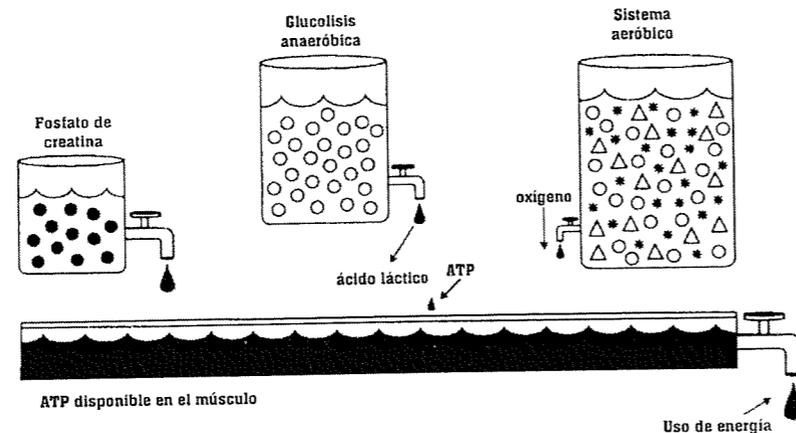


Figura 1.7. Modelo de los tres sistemas de energía del músculo para mantener los depósitos musculares de ATP constantes durante el ejercicio (Sharp 1992)

Cada uno de los mecanismos mencionados de producción energética pueden caracterizarse mejor con la ayuda de los criterios bioquímicos de *potencia*, *capacidad* y *eficiencia* (Volkov 1986). Los criterios de *potencia* se refieren a los procesos de liberación de energía en los procesos metabólicos. Los criterios de *capacidad* reflejan las magnitudes disponibles de las fuentes de energía utilizables o el volumen total de los cambios metabólicos que ocurren en el organismo durante el ejercicio. Los criterios de *eficiencia* determinan en que medida la energía liberada en los procesos metabólicos es utilizada para la realización de un trabajo específico.

Platonov (1991, 56) aporta estos conceptos de forma práctica relacionándolos con la duración de la acción (capacidad) y la duración en la que se produce la máxima liberación de energía (tabla 1.2).

Tabla 1.2. Potencia y capacidad de los sistemas de energía (Platonov 1991, 56)

Fuentes de energía	Vías de formación	Tiempo de formación	Duración de la acción (capacidad)	Duración de la máxima liberación de energía (potencia)
Anaeróbica aláctica	Reacciones de la creatinfosfoquinasa y la mioquinasa	0"	Hasta 30 s	Hasta 10 s
Anaeróbica láctica	Glucólisis y formación de ácido láctico	15"-20"	De 30 s A 5-6 min.	De 30 s. hasta 1:30 ^a
Aeróbica	Oxidación de los hidratos de carbono y grasas	90"-180"	Hasta varias horas	2-5 min.

Los diferentes mecanismos principales de producción de energía del trabajo muscular energético y sus características de participación en el suministro de energía de la actividad muscular, en función del proceso de ejecución de ejercicios con intensidad (potencia) y duración diferentes se muestran en la figura 1.8

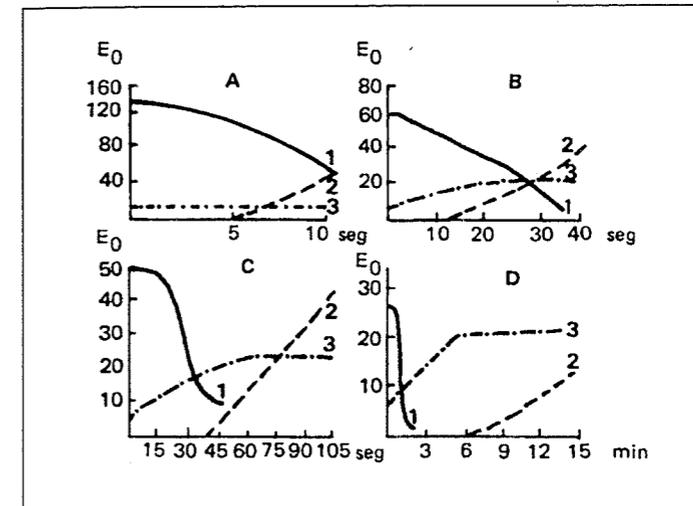


Figura 1.8. Características de participación en el suministro de energía en función de la intensidad y la duración del ejercicio. 1- anaeróbico aláctico; 2- anaeróbico láctico; 3- aeróbico (Zakharov y Gómez 1992, 99)

El mecanismo fosfagénico (sistema anaeróbico aláctico) muestra la mayor potencia y permite asegurar la energía de los músculos en la actividad durante los primeros segundos de trabajo. Es el sistema de energía que responde con mayor rapidez (tanque pequeño con grifo grande en la figura 1.7). Así pues, desempeña un papel decisivo en el suministro de energía de ejercicios de corta duración y potencia máxima. La capacidad del sistema anaeróbico aláctico está limitada por las reservas de ATP y FC en los músculos y, debido a ello, sólo es capaz de asegurar la potencia máxima de energía durante 6-10 segundos, siendo a los 30 segundos cuando las reservas de FC prácticamente se agotan y ya no contribuyen a la resíntesis de ATP (Zatziorky 1970; Mathews y Fox 1976; Navarro 1981; Volkov 1986; Howald 1989). Tan pronto como los niveles ATP en los músculos empiecen a disminuir, la enzima creatinaquinasa (CK) empieza a degradar el fosfato de creatina (se abre el grifo). Esta reacción libera suficiente energía para resintetizar una molécula de ATP por cada molécula de fosfato de creatina. El producto de esta reacción, la creatina, puede ser posteriormente utilizada para volver a formar fosfato de creatina inmediatamente después de la finalización del ejercicio.

La glucólisis anaeróbica consigue su potencia máxima a los 30-45 segundos después del inicio del ejercicio. Este sistema está ilustrado por el recipiente central del diagrama (figura 1.7), con tamaño del recipiente y grifo medianos. La potencia del mecanismo glucolítico anaeróbico es menor que la del mecanismo fosfagénico, pero gracias a su importante capacidad energética este mecanismo constituye la fuente principal para realizar esfuerzos con una duración entre 30 segundos a 2-5 minutos. Su capacidad está limitada principalmente por la concentración de lactato producida en los músculos como producto final de desecho de este mecanismo, ya que durante el trabajo muscular en las condiciones anaeróbicas, no se produce el agotamiento completo del glucógeno de los músculos activados (Sahlin 1986). La acumulación de ácido láctico causa un aumento del pH, o un aumento del grado de acidez. El pH bajo reduce, a su vez, la capacidad de la glucólisis para procesar el glucógeno y producir ATP en un ritmo suficiente para apoyar las contracciones musculares. En suma, el pH reducido inhibe el proceso de contracción de los músculos por disminución de la capacidad del calcio para activar las proteínas contráctiles del músculo. En el modelo presentado en la figura 1.7, significaría que si el ácido láctico se acumula, se irá cerrando el grifo del recipiente del glucógeno y también empezaría a cerrarse el grifo del recipiente de utilización de energía del músculo. La reposición del glucógeno tarda de 12 a 24 horas dependiendo del nivel de vaciamiento y de la dieta de carbohidratos necesaria.

Existe ya suficiente evidencia científica para afirmar que la glucólisis anaeróbica empieza con la aparición de la contracción muscular. Varios autores (Saltin, Gollnick et al. 1971) registraron un lactato muscular más alto que en los valores de reposo después de 10 segundos de esfuerzo en cicloergómetro al 110% del $\text{VO}_2\text{máx}$ en dos sujetos. Otros estudios también han medido la degradación del fosfato de creatina (PCr) y demostraron que los depósitos de PCr no fueron deplecionados después de los 6 a 10 segundos de ejercicio de alta intensidad, sino que habían disminuido de un 25 a un 33% del contenido en reposo (Jones, McCartney et al. 1985). Los datos sugieren que la degradación del PCr y la glucólisis anaeróbica fueron activados simultáneamente en la aparición de la actividad de alta intensidad (Spriet 1995). No es pues de extrañar que se intente analizar la contribución anaeróbica desde una perspectiva única ante un esfuerzo (Figura 1.9)

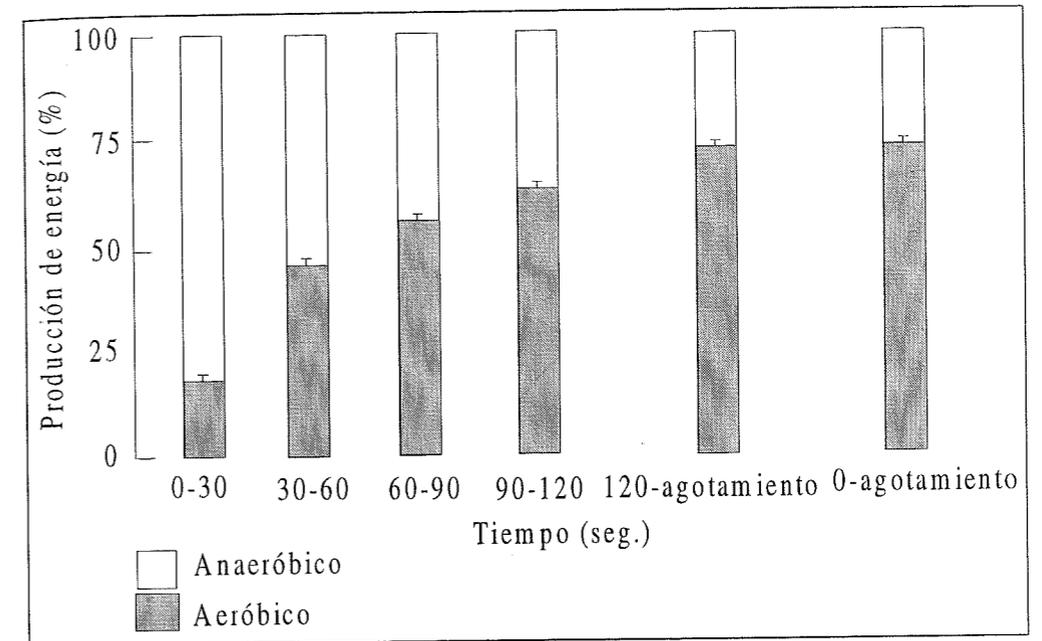


Figura 1.9 Contribución relativa de la producción de energía aeróbica y anaeróbica durante intervalos de 30 segundos mientras se ejecutaba un ejercicio hasta el agotamiento (~ 3 min.) consistente en extensiones de rodilla (Bangsbo, Gollnick et al. 1990)

La repartición de la componente anaeróbica de las contribuciones del PCr y glucolítica dependen en gran parte de las siguientes aseveraciones (Spriet 1995):

1. Todo el ATP que proviene del sistema ATP/PCr se utiliza desde el comienzo hasta que se alcanza la potencia máxima (2-3 segundos)
2. La contribución de la PCr dura solamente 10 segundos en estos niveles de potencia elevada.
3. La disminución de la energía del PCr es lineal desde el punto de máxima potencia hasta los 10 segundos.

Por tanto, la contribución anaeróbica restante es atribuida al sistema glucolítico. Durante los 10 segundos iniciales de un esfuerzo de 20 segundos en el test de Wingate, las contribuciones respectivas del PCr, la glucólisis y el metabolismo aeróbico fueron del 53%, 44% y 3% (Serrese, Lortie et al. 1988). Esto ha hecho opinar a algunos autores que el sistema glucolítico ya tiene un importante papel en la contribución de energía anaeróbica en esfuerzos cortos de 10 segundos.

Durante la realización del test de Wingate de 30 segundos, la estimación indirecta de la provisión de energía fue del 23-28% del PCr, 49-56% de la glucólisis (72-84% anaeróbico), y 16-28% del metabolismo anaeróbico (Serrese, Lortie et al. 1988; Smith

and Hill 1991). En otros estudios la contribución fue del 72.82% anaeróbico y 18-28% aeróbico (Kavanagh y Jacobs 1988; Withers, Sherman et al. 1991). Si bien las variaciones en la contribución aeróbica son grandes, debido a las diferencias en la estimación de la eficiencia mecánica, la media de la distribución anaeróbica/aeróbica fue similar al 80/20% registrado durante los 30 segundos iniciales del estudio directo de Bangsbo y colaboradores (Bangsbo, Gollnick et al. 1990). Cuando la intensidad aumentaba a los 90 segundos, el metabolismo anaeróbico contribuyó en un 36-54% de la energía requerida, y la contribución aeróbica fue del 46-64% (Serrese, Lortie et al. 1988; Withers, Sherman et al. 1991). En estimaciones directas, las contribuciones anaeróbicas/aeróbicas durante 90 segundos de ejercicio intenso fueron de 60-40% (Bangsbo, Gollnick et al. 1990). Según estos datos, los estudios indirectos parecen subestimar la contribución anaeróbica y sobrestimar la contribución aeróbica cuando se prolonga el ejercicio intenso (Spriet 1995).

Muchos deportes requieren esfuerzos repetidos de alta intensidad con diversos tiempos de recuperación entre ellos. Dado que la mayoría de estos tipos de ejercicios son de naturaleza predominantemente anaeróbica, la capacidad de recuperación durante los períodos de descanso es fundamental para realizar con éxito estos esfuerzos de alta intensidad. En los pocos estudios existentes hasta el momento, se demuestra que el metabolismo anaeróbico se altera durante este tipo de tarea. En la realización en un ergómetro isocinético de bicicleta se llevó a cabo de un esfuerzo intermitente de tres a cuatro esfuerzos máximos de 30 segundos (100 rpm) con 4 min de descanso entre cada uno, se observó que la potencia generada en cada pedalada disminuía dentro de cada esfuerzo y en los sucesivos esfuerzos. Las biopsias musculares demostraron que el PCr disminuyó un 75% aproximadamente y el ATP se redujo un 20-40% después de todas las series (McCartney, Spriet et al. 1986). Otros estudios han demostrado que el PCr y el ATP se realmacenan casi por completo después de 4 minutos de recuperación, indicando que la contribución de energía para sucesivas series del PCr no cambia (Sahlin, Harris et al. 1975; Soderlund, Greenhaff et al. 1992). La glucogenolisis muscular disminuyó en cada serie hasta casi cero mientras que la producción total de trabajo se mantuvo aproximadamente al 60% de la serie 1 (figura 1.10). Debido a que la glucólisis anaeróbica es una de las fuentes principales de energía en este tipo de ejercicios, fue sorprendente que la potencia fuese mantenida en el final de la serie 2. Este hecho ha sido explicado a través de un consumo de oxígeno mayor en las últimas series que trasvase cantidades extras de ATP si los carbohidratos (CHO) son oxidados en vez de metabolizados a lactato. Esto también reducirá la necesidad de CHO, aunque es posible que la grasa intramuscular facilite substrato extra para la oxidación (Spriet 1995).

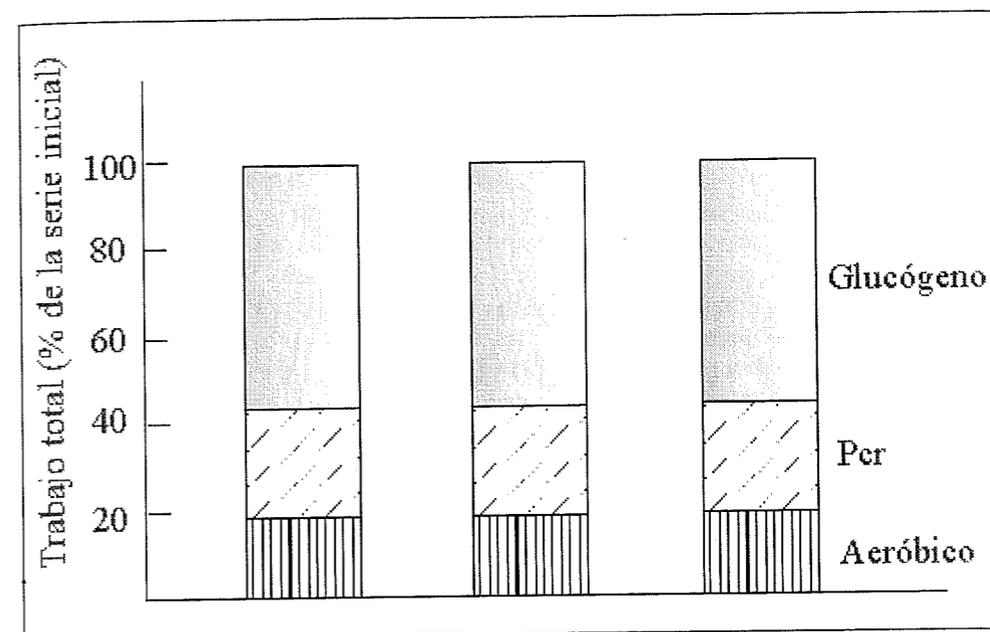


Figura 1.10. Contribución estimada de energía durante tres series máximas en cicloergómetro isocinético durante 30 segundos a 100 rpm con períodos de descanso de 4 minutos entre series. Datos de Spriet, Lindinger et al. 1989)

Los procesos aeróbicos son las principales fuentes de formación de energía durante la realización de trabajos prolongados (recipiente grande, grifo pequeño). El desarrollo de los procesos aeróbicos opera gradualmente, empezando a ser predominante a partir de los 90 segundos y los 3 minutos (Mathews y Fox 1976; Astrand y Rodhal 1977; Badtke 1987; Troup 1991; Weinek 1991; M.S. 1996). El metabolismo oxidativo no es capaz de asegurar por completo las necesidades de energía del organismo durante la realización de trabajos de gran potencia pero su capacidad energética supera considerablemente la de otras fuentes de energía debido a las grandes reservas de hidratos de carbono, grasas y, en menor medida, proteínas que posee el organismo humano. Debido a su dependencia de los sistemas de transporte de oxígeno, el sistema aeróbico juega un pequeño papel en los esfuerzos de corta duración y alta intensidad. En otras palabras, cuando el grifo de utilización de ATP estuviera abierto al máximo, el grifo del recipiente aeróbico, aunque estuviese completamente abierto, solo sería capaz de aportar una pequeña porción de las demandas de ATP.

Aunque el sistema aeróbico puede utilizar potencialmente tres tipos de combustibles (hidratos de carbono, grasas y proteínas), es poco probable que utilice solo uno de ellos. El uso de la "mezcla" de combustible está determinada por el estatus nutricional del deportista y la intensidad del ejercicio. Si un deportista consume una dieta alta en grasas, los depósitos de glucógeno serán más bajos, y esto forzará al metabolismo aeróbico a emplear las grasas y las proteínas con fuentes principales de energía. Si, por el contrario, la dieta es rica en carbohidratos, el glucógeno muscular puede ser

repuesto entre las sesiones de entrenamiento y los músculos podrían utilizar repetidamente este combustible durante varios días de entrenamiento.

La capacidad de realizar un trabajo aeróbico durante un tiempo prolongado está determinada por el consumo máximo de oxígeno (VO_2 max) que, durante un trabajo muscular, puede ser absorbido a través de la respiración, transportado a los músculos en actividad y utilizado en los procesos de oxidación. La correlación de los substratos energéticos oxidados depende de la intensidad de trabajo en porcentaje del VO_2 max. En la realización de trabajo inferior a un 50-60% del VO_2 max y de varias horas de duración, la parte sustancial de la energía se forma gracias a la oxidación de las grasas (lipólisis). Durante un trabajo con intensidad superior, los hidratos de carbono constituyen la fuente predominante de energía.

El papel de cada uno de los mecanismos de producción de energía varía en función de las exigencias del organismo del atleta durante el proceso de la actividad motora. Teniendo en consideración la contribución predominante de diversas fuentes de producción de energía, se pueden destacar tres tipos de resistencia:

- 1) aeróbica;
- 2) anaeróbica glucolítica (láctica);
- 3) anaeróbica aláctica.

En cualquier caso, la resistencia está condicionada por dos grupos fundamentales de factores: (1) los que encauzan la utilización de la energía (y en el que tiene una importancia notable el aspecto técnico, antropométrico y psicológico) y (2) los que dan al músculo la posibilidad de disponer de la energía para poder trabajar (principalmente el mecanismo energético aeróbico y anaeróbico láctico)

En cada uno de estos mecanismos es necesario distinguir los componentes centrales y periféricos.

En lo que respecta al **mecanismo aeróbico**, la componente *central* atañe al aporte de oxígeno a los músculos, órganos y tejidos que intervienen para garantizar el continuo suministro de oxígeno al músculo. La componente *periférica* concierne no solamente a la distribución óptima de las fibras (aquellas que intervienen en la prestación) y del oxígeno que llega al músculo a través de la sangre sino también su utilización, a nivel mitocondrial, de las fibras activadas.

Por lo que respecta al **mecanismo anaeróbico láctico**, la componente *central* atañe a la capacidad de tampón de los iones H^+ a nivel de la sangre, la posibilidad de continuar el trabajo a pesar de la elevada acidez del citoplasma y la rápida acumulación del lactato en la sangre. La componente *periférica* concierne a aspectos diversos, unos referidos a componentes internos de las fibras musculares productoras de ácido láctico y otras a componentes externas a las fibras pertenecientes a los músculos activados (Tabla 1.3.).

Tabla 1.3. Componentes centrales y periféricas de los mecanismos energéticos aeróbicos y anaeróbico-lácticos. Modificado de Arcelli (Arcelli y Franzetti 1997)

MECANISMO AERÓBICO		
	Condiciones	Adaptación pretendida por el entrenamiento
Componentes centrales	Aporte de oxígeno al músculo que intervienen en el gesto específico de la disciplina	Hipertrofia cardiaca y circulación sanguínea y de la capacidad de transporte de oxígeno por parte de la sangre
Componentes periféricas	Óptima distribución del oxígeno en las fibras que intervienen en la prestación y utilización de las mitocondrias	Relación óptima entre el número de capilares y área de la fibra muscular; contenido en mioglobina de la fibra; volumen de la mitocondrias; actividad de las enzimas mitocondriales
MECANISMO ANAERÓBICO-LÁCTICO		
	Condiciones	Adaptación pretendida por el entrenamiento
Componentes centrales	Tamponamiento de los iones H^+ en la sangre	Aumento de las sustancias tampones en la sangre
	Acumulación rápida del lactato en la sangre	Aumento de la utilización de lactato de parte de distintos músculos a los que lo han producido y de otros órganos.
Componentes periféricas	Potencia láctica	Aumento de las dimensiones de las fibras, especialmente de las rápidas, y aumento en las mismas de los enzimas glucolíticos
	Efecto tampón de las fibras	Aumento de la concentración de tampón en las fibras.
	PH crítico	Adaptación enzimática en el citoplasma
	Alta concentración de lactato	Aumento de la lactatodeshidrogenasa de tipo M
	Rápida subida del lactato en la fibra	Aumento del transportador de lactato en el sarcolema
	Efecto tampón del músculo que ha producido ácido láctico	Aumento del tampón en el líquido extracelular y de la eliminación de los iones H^+ y el lactato
	Rápida eliminación del lactato en el músculo que lo ha producido	Mayor utilización del lactato por parte de fibras diferentes a las que lo han producido

1.6. LA RESISTENCIA EN RELACIÓN CON LAS CAPACIDADES BIOMOTORAS

El entrenamiento aeróbico y anaeróbico afecta a (1) las capacidades de velocidad, (2) la resistencia de velocidad o anaeróbica, (3) la resistencia aeróbica-anaeróbica o mixta y (4) la resistencia aeróbica o básica. Para una representación más compres-

ble de estas capacidades biomotoras, en su relación con el entrenamiento aeróbico y anaeróbico, es aconsejable que nos basemos en la contribución de las fuentes de energía predominantes, así como en el nivel de velocidad de los entrenamientos (figura 1.11).

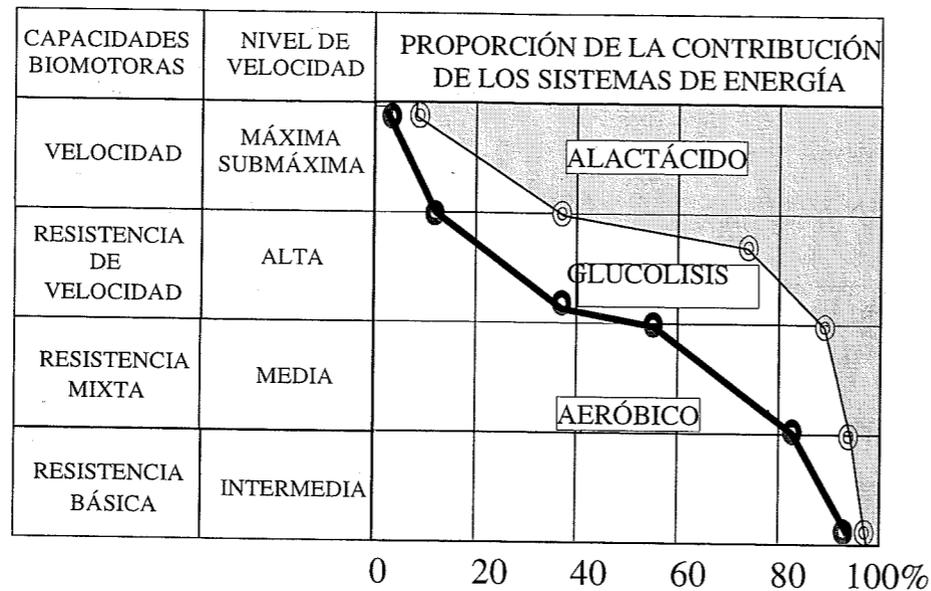


Figura 1.11. Clasificación de las capacidades biomotoras para el desarrollo de entrenamientos aeróbicos y anaeróbicos.

El entrenamiento aeróbico y anaeróbico es una parte necesaria del entrenamiento para la mejora del rendimiento en cualquier prueba de natación. La participación en pruebas de velocidad y de resistencia de velocidad (10 segundos a 5 minutos) provoca una fatiga asociada con la acumulación de los productos del metabolismo anaeróbico. Las pruebas con altas demandas de resistencia mixta y resistencia básica (5 minutos hasta 1 hora) están limitadas principalmente por la depleción de las reservas de carbohidratos en los músculos involucrados. No obstante, para cualquier prueba debe tenerse en cuenta que:

- Los entrenamientos aeróbicos y anaeróbicos deben emplearse proporcionalmente al nivel de importancia del factor metabólico dentro de la compleja preparación del nadador.
- El énfasis de los entrenamientos anaeróbicos alactácidos, glucolíticos y aeróbicos en el proceso de entrenamiento deben estar condicionados por la contribución de las correspondientes capacidades biomotoras en la condición motora específica de los nadadores.
- El entrenamiento aeróbico tiene que ser la base de los entrenamientos más intensivos y especializados, puesto que las posibilidades aeróbicas son de

vital importancia para la adaptación general y la recuperación después de las cargas y las sesiones de entrenamiento. Por ello, la resistencia básica refleja este propósito del entrenamiento aeróbico

Desde una visión práctica, conviene definir con mayor precisión el área de rendimiento y las características más importantes de las diferentes capacidades biomotoras. Desde un punto de vista científico, es importante establecer las características del potencial de energía que se consideran como objetivos fisiológicos para los entrenamientos aeróbicos y anaeróbicos (tabla 1.4). La clasificación del potencial de energía relacionado con las capacidades motoras ofrecerá una clara aplicabilidad práctica si conseguimos reunir las siguientes características:

- Los límites de los niveles de velocidad (potencia) correspondientes a las diferentes capacidades biomotoras deben establecerse claramente sobre criterios bien conocidos como la velocidad en umbral anaeróbico, la velocidad crítica y la velocidad máxima (potencia).
- Los contenidos de estas capacidades biomotoras serán explicables, tanto desde la posición práctica como la científica, si se basan en las fuentes de energía predominantes y los entrenamientos según los objetivos fisiológicos.
- Cada capacidad biomotora debe ser un objetivo para un grupo de entrenamientos determinados (Zonas de entrenamiento).

Capacidades biomotoras	Definición	Objetivos fisiológicos principales
Velocidad	Capacidades complejas para ejecutar ejercicios de corta duración con velocidad máxima (potencia) y para mantenerla próxima al nivel máximo.	Potencia y capacidad anaeróbica aláctica
Resistencia de velocidad	Capacidad para soportar la fatiga en ejercicios que se ejecutan entre los niveles de velocidad submáxima y crítica (potencia).	Potencia y capacidad anaeróbica glucolítica, potencia aeróbica
Resistencia mixta	Capacidad para soportar la fatiga en ejercicios que se ejecutan entre los niveles de velocidad crítica (potencia) y el umbral anaeróbico.	Capacidad aeróbica, capacidad circulatoria central, movilidad aeróbica y capacidad de la mioglobina
Resistencia básica	Capacidad para soportar la fatiga en ejercicios correspondientes entre el umbral anaeróbico y el umbral aeróbico	Eficiencia aeróbica

Tabla 1.4. Características de las capacidades biomotoras como objetivos para los entrenamientos aeróbicos y anaeróbicos

Para establecer las duraciones de trabajo, un sistema adecuado puede ser el de tener en cuenta las referencias fisiológicas de cada prueba como un esfuerzo máximo.

La figura 1.12 muestra la contribución de diferentes fuentes de energía durante el rendimiento de ejercicios de varias duraciones. La situación de los diferentes puntos de las curvas de los suministros de energía alactácidas, glucolíticas y aeróbicas determinan los objetivos fisiológicos más relevantes. De esta forma podemos determinar la duración de trabajo correspondiente al objetivo fisiológico y el nivel de velocidad. La tabla 1.5 añade una explicación de los efectos fisiológicos que son inducidos por rendimientos de diferentes duraciones.

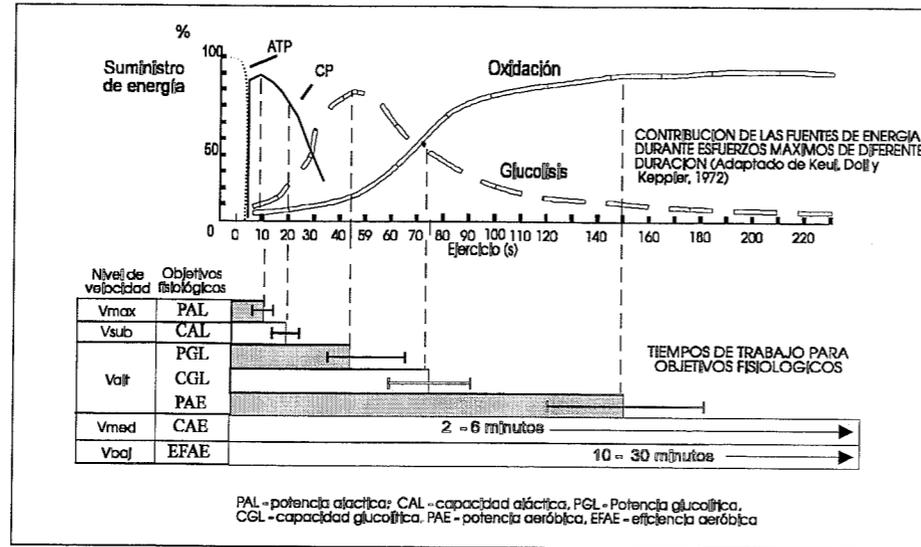


Figura 1.12. Determinación de las duraciones básicas de trabajo para entrenamientos aeróbicos y anaeróbicos (Keul, Kindermann et al. 1978)

Objetivos fisiológicos	Duraciones básicas de trabajo Min:seg	Efectos fisiológicos
Potencia aláctica	0:10	Pico de la degradación del fosfato de creatina Logro de potencia metabólica máxima.
Capacidad aláctica	0:20	La duración más larga en la que la potencia aláctica puede mantenerse próxima al máximo
Potencia glucolítica	0:45	Pico de obtención del ritmo máximo de producción de lactato
Capacidad glucolítica	1:15	La duración más larga en la que la glucólisis permanece válida como fuente principal de suministro de energía
Potencia aeróbica	2:00-3:00	La duración más corta para obtener el consumo de oxígeno máximo
Capacidad aeróbica	2:00-6:00	La duración de mantenimiento del consumo máximo de oxígeno.
Eficiencia aeróbica	10:00-30:00	Steady state Mantenimiento de la velocidad que corresponde al umbral anaeróbico
Capacidad de la mioglobina	0:10-0:15*	Tiempos de depleción de las reservas de depleción de las reservas de mioglobina-O ₂ en los músculos.
Capacidad circulatoria central y movilidad aeróbica	0:30-0:70**	Aumento del volumen latido y del consumo de oxígeno por latido en la fase de recuperación, Breve aumento del consumo de oxígeno en cada esfuerzo durante el trabajo fraccionado

*la intensidad debe ser más baja que en los ejercicios de velocidad
**la intensidad debe ser más baja que en los ejercicios de resistencia velocidad

Tabla 1.5. Valores de las duraciones básicas de trabajo y efectos fisiológicos sobre rendimientos únicos

Es necesario remarcar que las duraciones básicas de trabajo se obtienen de la investigación de rendimientos máximos, lo que significa podrían adaptarse para entrenamientos altamente intensivos. Ahora bien, existen otros entrenamientos que se pueden añadir y que no resultan de esfuerzos máximos, como los de la capacidad de la mioglobina, la capacidad circulatoria central y la movilidad aeróbica.

Es sabido que el oxígeno se almacena en los músculos en combinación química con la mioglobina. Aunque las reservas de O₂-mioglobina son relativamente pequeñas, alrededor de 500 mililitros por masa muscular, tienen un papel importante en el suministro de energía en el trabajo inicial y de corta duración, de forma que las reservas de mioglobina-O₂ contribuyen un 20% a la energía requerida para un trabajo intensivo de 15 segundos (Essen, Hagenfeldt y Kaiser, 1977).

El trabajo de corta duración (alrededor de 10-15 segundos) provoca la depleción de las reservas de mioglobina-O₂ sin una importante acumulación de lactato en sangre. El descanso posterior de la misma duración facilita la reposición de aproximadamente la mitad de las reservas de mioglobina-O₂. Durante varias repeticiones se puede mantener una intensidad elevada de trabajo a expensas de una rápida restauración de las reservas de mioglobina O₂. Estas fluctuaciones de las reservas de O₂ estimularán el aumento de la capacidad aeróbica de la mioglobina. En consecuencia, las duraciones básicas de trabajo para la capacidad de la mioglobina tiene que ser igual a 10-15 segundos (Mathews y Fox 1976).

La capacidad circulatoria central fue investigada por Reindell y Roskam a través del entrenamiento interválico, estableciendo que las duraciones de trabajo entre 30 y 70 segundos en una intensidad correspondiente a velocidad alta facilitan una adaptación beneficiosa del corazón. Esta duración de trabajo se caracteriza también por cortos aumentos del consumo de oxígeno que sería el estímulo para la mejora de la movilidad aeróbica.

Otro elemento fundamental de entrenamiento aeróbico y anaeróbico para la práctica del entrenamiento es la regulación apropiada de la velocidad. Las escalas de valoración relativa de la velocidad (Harre 1987) han sido de gran utilidad en el terreno práctico para definir los niveles de esfuerzo más precisamente. La base para las escalas de las velocidades relativas debe ser la relación de la "velocidad-tiempo". Para calcular la escala de velocidades relativa se debe tener en cuenta:

- Las duraciones básicas de trabajo que corresponden a diferentes niveles de velocidad: máximo, submáximo, etc.;
- Los valores medios de las velocidades correspondientes a cada duración básica de trabajo y sus porcentajes desde el máximo valor.

Desde una perspectiva científica, es relevante conocer la equivalencia de las velocidades relativas en los diferentes ejercicios bajo las características de la potencia metabólica (tabla 1.6). La escala de velocidad relativa permite comparar de manera más precisa los programas de entrenamiento, como sistema general para planificar el entrenamiento por medio de zonas de entrenamiento y fórmulas típicas de tareas de entrenamiento.

Existen también otros métodos de niveles de velocidad individual basados en las curvas de velocidad-lactato (Navarro Valdivielso 1997) y velocidad-frecuencia cardíaca (Treffene y Alloway 1977; Treffene 1978; Conconi, Ferrari et al. 1982). Sin embargo, hay que reconocer que el cálculo preliminar de la velocidad o el tiempo sobre una distancia se siguen considerando por muchos entrenadores como el procedimiento más simple de la planificación del entrenamiento.

Tabla 1.6. Escala de valoración de la velocidad para entrenamientos aeróbicos y anaeróbicos y ritmo de potencia metabólica

Nivel de velocidad, abreviación	Tiempos de trabajo con máximo esfuerzo	Velocidad en % del rendimiento máximo		Potencia metabólica** Kw
		Locomoción terrestre*	Locomoción acuática	
Máxima, V _{máx}	0:10	95-100	95-100	4.2-4.6
Submáxima, V _{sub}	0:20	85-94	89-94	3.7-4.1
Alta, V _{alt}	0:30-4:00	75-84	80-88	2.15-3.6
Ligera, V _{lig}	4:00-15:00	65-74	70-79	1.5-2.1
Baja, V _{baj}	60 y más	30-49	30-59	0.5-0.8

* adaptado de Dick (1980)

** datos de deportistas de élite: corredores, nadadores y piraguistas

En la última década se ha extendido el uso de las denominadas zonas de intensidad. En nuestra opinión es mejor llamarlas zonas de entrenamiento debido a que, como se muestra más abajo, las zonas que son dirigidas hacia cierta capacidad pueden incluir ejercicios de diferentes intensidades pero similares respuestas de los nadadores. La experiencia de los últimos años (Raczek 1990) permiten dividir las zonas de entrenamiento según las diferentes capacidades biomotoras y definir de forma más precisa las variables de los ejercicios (tabla 1.7).

La estructura del sistema de las zonas de entrenamiento está formada por las componentes biomotoras y los objetivos fisiológicos más detallados de los entrenamientos, además de las respuestas fisiológicas dentro de cada zona, como la concentración de lactato sanguíneo y la frecuencia cardíaca.

Tabla 1.7. Zonas de entrenamiento y variables de entrenamiento correspondientes a diferentes capacidades biomotoras

Zonas de entrenamiento	Capacidades biomotoras	Concentración de lactato, mM/l	Frecuencia Cardíaca puls/min	Nivel de velocidad	Duraciones básicas de trabajo min:seg	Relación trabajo:desc media	Métodos básicos de entrenamiento
V	Velocidad			Maxima Submáxima	0:10 0:20	1:15 1:5	Repetición e intervalico
IV	Resistencia de velocidad ó anaeróbica	8 - Máximo	180-Máximo	Submáxima Alta	0:30-1:00 1:00-1:30 2:00-3:00	1:3 1:2 1:1	Repetición, intervalico, continuo variable, control
III	Resistencia mixta aeróbica-anaeróbica	4-8	160-180	Submáxima Alta Media	0:05-0:10 0:30-0:70 0:30-0:60 2:00-6:00	1:1 1:1,5 1:0,3 1:0,5	Intervalico, continuo variable y control
II	Resistencia básica	2-4	130-160	Media Intermedia	10:00-30:00	1:0,3	Intervalico, Continuo uniforme y continuo variable
I	Regeneración + relajación	1-2	90-130	Baja	5:00-20:00		Continuo variable

Así pues, el principio general para el diseño de los entrenamientos de resistencia se debe basar en combinar las variables de los entrenamientos con el fin de obtener (1) su adecuación a determinados objetivos fisiológicos, (2) el nivel de la respuesta fisiológica y (3) el estímulo suficiente para su desarrollo.

1.7. FACTORES DE LA CAPACIDAD DE RESISTENCIA

Por medio del entrenamiento de la resistencia se producen una serie de adaptaciones en el organismo del deportista que favorecen un rendimiento superior en aquellas disciplinas en las que esta capacidad juega un papel importante. Estas adaptaciones abarcan de forma prevalente factores musculares y cardiocirculatorios.

1.7.1. FACTORES MUSCULARES

Dentro de este factor son especialmente relevantes las adaptaciones que se producen en los distintos tipos de fibras musculares, la utilización y aumentos de las reservas energéticas.

1.7.1.1. Fibras musculares

Los deportistas que tienen más resistencia poseen un porcentaje mayor de fibras de contracción lenta (tipo ST o tipo I), mientras que los que son más rápidos o son más explosivos poseen más fibras de contracción rápida (tipo FT o tipo II). El entrenamien-

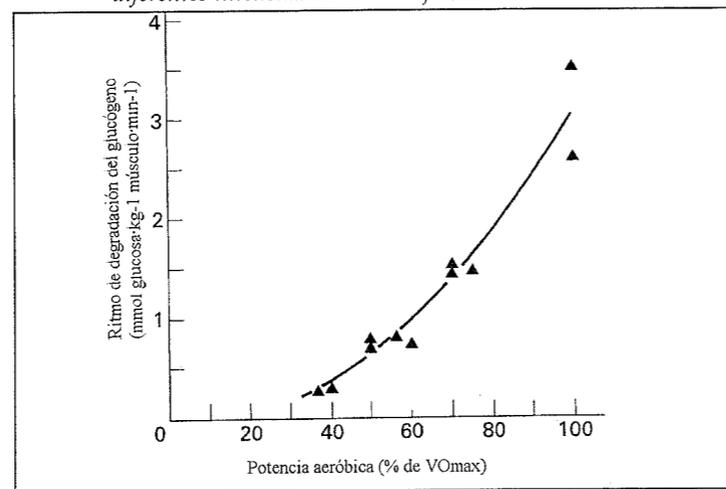
to de resistencia de media y larga duración estimulará fundamentalmente las fibras del tipo I y su capacidad metabólica aeróbica, mientras que el entrenamiento de resistencia de corta duración y/o velocidad estimulará especialmente las fibras del tipo II y su capacidad metabólica anaeróbica. Dependiendo del porcentaje de fibras de cada deportista, este responderá de forma distinta frente al mismo entrenamiento. Un deportista con un porcentaje menor de fibras rápidas, se fatigará más pronto en los esfuerzos cortos o en las formas de entrenamiento intensivo. Si, por el contrario, dispone de un porcentaje mayor de fibras rápidas, se fatigará más rápidamente en los esfuerzos de larga duración. Es por ello, por lo que, para conseguir un efecto positivo en el entrenamiento de la resistencia, se debe diferenciar a los deportistas "rápidos" (con predominio de fibras rápidas) de los "resistentes" (con predominio de fibras lentas).

1.7.1.2. Reservas de energía

Una escasez de los sustratos ricos de energía puede disminuir la capacidad para realizar esfuerzos de resistencia. En esfuerzos muy intensos se quemará glucógeno fundamentalmente, mientras que en esfuerzos prolongados y de baja intensidad se quemarán más ácidos grasos. En la medida en que el entrenamiento en una determinada dirección utilice y permita el relleno de estas reservas de energía, se producirá un aumento mayor de los depósitos.

La relación casi lineal entre la intensidad del ejercicio y la utilización de los carbohidratos hace que el ritmo de trabajo juegue un papel importante en la capacidad de rendimiento físico (figura 1.12). En el momento que se produzca la depleción del glucógeno, se producirá la fatiga, al menos que se reduzca la intensidad del ejercicio y permita la oxidación de las grasas para facilitar una mayor proporción de los requerimientos de energía.

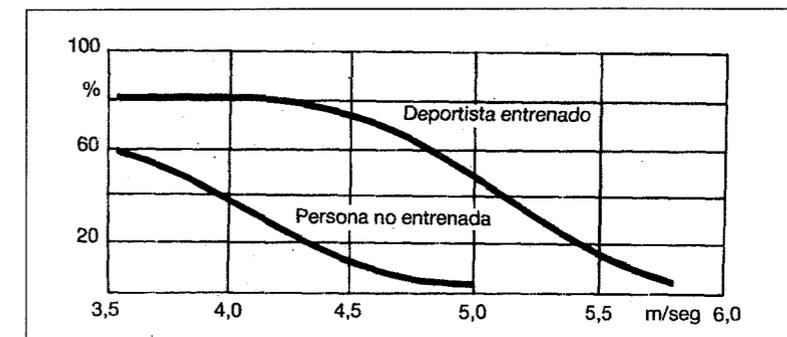
Figura 1.13. Ritmo de degradación del glucógeno muscular durante un ejercicio cíclico ejecutado en diferentes intensidades de trabajo (Hultman 1971)



La contribución máxima de los lípidos como sustrato de energía se alcanza aproximadamente al 60-65% del consumo máximo de oxígeno (Galbo 1992). En intensidades más elevadas, las necesidades de energía son cubiertas en mayor medida por la utilización de los carbohidratos. La capacidad de las enzimas oxidativas en la mitocondria puede también ser importante para la oxidación de las grasas en el músculo (Kiens 1996).

La cantidad de glucógeno en la musculatura puede aumentar hasta el doble y las de las grasas intracelulares hasta el triple (Weinek 1994, 38). Cuanto mejor sea el estado de entrenamiento, mejor podrán metabolizarse los ácidos grasos y se podrán ahorrar más y consumir con mayor lentitud las reservas de glucógeno muscular (Konopka 1988, 143). Los hidratos así ahorrados estarán entonces disponibles para cuando se presente un máximo requerimiento, en los momentos finales del esfuerzo físico (figura 1.14)

Figura 1.14. Porcentaje de intervención de las grasas en la producción de energía de un deportista entrenado y otro desentrenado a diferentes velocidades (Donath y Schüller 1979)



1.7.1.3. Actividad enzimática

Al aumentar las reservas de energía se produce también un aumento de la actividad de las enzimas productoras de estos sustratos de energía. Bajo la influencia de un entrenamiento aeróbico se modifican el número y la actividad de las enzimas aeróbicas, así como el tamaño de las mitocondrias (donde las enzimas aeróbicas desarrollan su actividad metabolizando los sustratos energéticos). De esta forma se mejorará el suministro de energía, la capacidad de resistencia frente a la fatiga y la capacidad de recuperación del deportista.

Es importante destacar que un entrenamiento anaeróbico demasiado intenso puede perjudicar la capacidad de rendimiento de las mitocondrias, al producirse lesiones estructurales que provocarían una reducción en su número y tamaño, y como consecuencia, una disminución de la capacidad de trabajo y, por tanto, de la capacidad de resistencia.

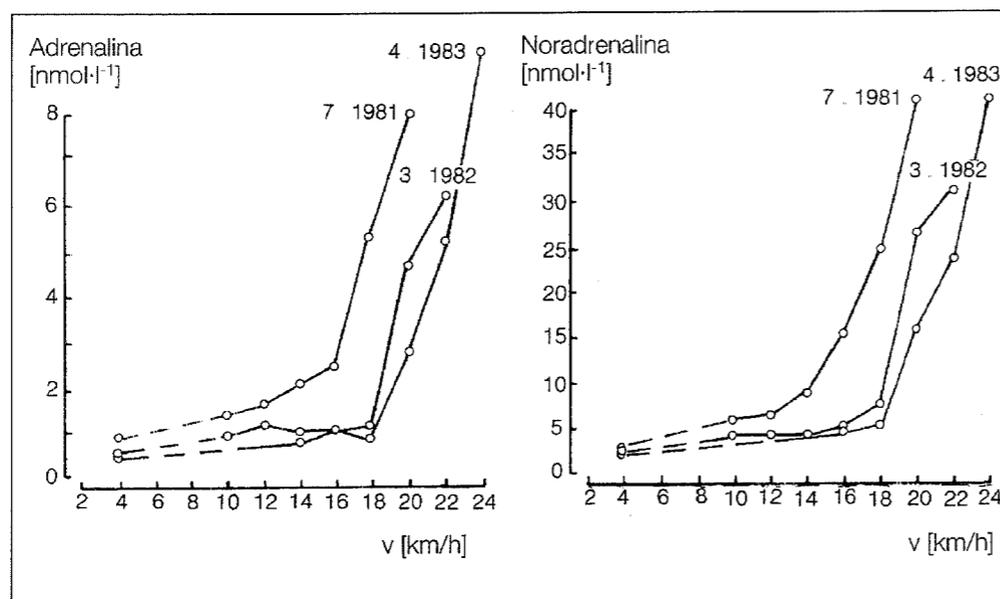
La capacidad de regeneración de las estructuras mitocondriales también se ve afectada por una excesiva acidez producida por el aumento de la concentración de lactato debido a la realización de esfuerzos muy intensos. Un umbral anaeróbico elevado permitirá un aumento más tardío de elevación de la concentración de lactato y favorecerá mejor su eliminación.

1.7.1.4. Regulación hormonal

El sistema nervioso autónomo y las hormonas segregadas a la sangre por las glándulas endocrinas sirven para regular y coordinar las funciones del cuerpo durante las diversas condiciones externas e internas de la vida diaria y juegan un papel importante en la regulación del metabolismo y el equilibrio electrolítico. Una optimización de los mecanismos de regulación hormonal pueden conseguir una mejora del rendimiento en general.

Al aumentar la capacidad de resistencia con la misma intensidad, se libera menos cantidad de hormonas de estrés (adrenalina y noradrenalina), por lo que, al igual que el lactato, se consideran como una importante herramienta de diagnóstico del rendimiento (figura 1.15)

Figura 1.15. Comportamiento de la adrenalina y la noradrenalina al aumentar progresivamente la intensidad durante tres años de entrenamiento (según Lehmann et al, 1989, 15)
Citado por Weinek (1994, 64).



1.7.2. FACTORES CARDIOCIRCULATORIOS

Es importante disponer de un buen sistema de transporte de oxígeno (sistema cardiocirculatorio) para obtener los mayores beneficios posibles de los factores musculares que hemos mencionado anteriormente. Esta capacidad de transporte de oxígeno se ve facilitada por el aumento del número de capilares, el volumen sanguíneo y el tamaño del corazón.

1.7.2.1. Capilarización

La capacidad metabólica del músculo se ve favorecida por el aumento del riego sanguíneo producido mediante el aumento de la superficie de intercambio de los capilares en la periferia. El número de capilares aumenta drásticamente durante el ejercicio de resistencia, alcanzando un máximo entre 380-2340 vasos sanguíneos por mm^2 , comparados con alrededor de 200 por mm^2 en el descanso. La relación capilaridad/fibra muscular también aumenta con el entrenamiento de resistencia (Shephard y Plyley 1992).

Durante el ejercicio, la distribución local del flujo de la sangre dentro del músculo depende del patrón de reclutamiento de las fibras. Un corredor de resistencia con un ritmo moderado de carrera recluta principalmente las fibras lentas (tipo I), y el flujo capilar se dirige selectivamente a dichas fibras. EL ritmo de flujo local más elevado se asocia con las fibras oxidativas de contracción rápida (tipo IIA) (Armstrong y Laughlin 1983).

Un método efectivo para el aumento de la capilarización es el método de resistencia continuo extensivo con duraciones superiores a los 30 minutos.

1.7.2.2. Volumen sanguíneo

El entrenamiento de resistencia aumenta el volumen sanguíneo hasta aproximadamente un litro, lo que puede significar un aumento de glóbulos rojos y, por tanto, una mejora de transporte de oxígeno de la sangre de forma considerable. EL entrenamiento en altitud puede favorecer aún más este incremento de glóbulos rojos portadores de oxígeno.

1.7.2.3. Tamaño del corazón

El aumento del tamaño del corazón a través del aumento de las cavidades (dilatación) como del grosor de las paredes cardíacas (grosor) se consigue mediante un entrenamiento de resistencia prolongado. Estas adaptaciones repercuten en la respuesta de la frecuencia cardíaca de la persona entrenada y desentrenada de forma

diferente. Un deportista de resistencia puede alcanzar las 40 pulsaciones/minuto (con un volumen de bombeo de sangre de unos 105 ml) en reposo y quintuplicar su frecuencia cardíaca durante el ejercicio y duplicar su volumen de bombeo, mientras que una persona desentrenada tiene unas 70 p/m (60-70 ml de bombeo de sangre) en reposo y sólo puede triplicar su frecuencia cardíaca en el ejercicio.

Como consecuencia de la elevada frecuencia cardíaca y del volumen de bombeo, se consigue en el deportista entrenado un considerable incremento del volumen cardíaco minuto (de 4-5 l/min en reposo hasta 30-40 l/min en ejercicio), y con ello un aumento importante de la capacidad de absorción de oxígeno.

Tampoco se debe olvidar la importancia del tamaño del corazón para metabolizar el ácido láctico y por lo tanto reducir la sobrecarga en el organismo generada por esfuerzos de resistencia intensos. Cuanto más grande es el corazón, dada la elevada concentración de mitocondrias y de enzimas oxidativas en el músculo cardíaco, más ácido láctico puede metabolizar.

Un resumen de la adaptación de los factores musculares y cardiocirculatorios mediante un entrenamiento de resistencia se muestra en la tabla 1.8. (Weinek 1994)

Tabla 1.8. Adaptaciones funcionales y estructurales de un entrenamiento de resistencia sobre el sistema muscular y cardiocirculatorio para la mejora de la capacidad de rendimiento

<p>Célula muscular como iniciador</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la reserva de energía (aumento de glucógeno muscular de 200 a 400 g, del glucógeno hepático de 60 a 120 g y de los triglicéridos musculares de 800 a 1200 g). • Aumento de la capacidad (aumento de las mitocondrias en un 50%, aumento de la actividad enzimática, aumento y economización de las hormonas reguladoras). • Mejora de la calidad del metabolismo (aumento de la cantidad de grasa en la transformación de energía, aumento en la utilización de las vías metabólicas creadoras de azúcar).
<p>El corazón como bomba transportadora</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la cavidad del corazón de 650 a 900-1000 ml. • Hipertrofia del músculo cardíaco con aumento del peso del corazón de 250 a 350-500 g. • Economización del trabajo cardíaco (disminución de la frecuencia cardíaca, aumento del bombeo). • Aumento de la capacidad de transporte (el volumen mínimo cardíaco aumenta de 20 a 30-40 l/min.)
<p>La sangre como medio de transporte</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la cantidad de sangre de 5 a 6 litros • Aumento del número total de glóbulos rojos (como transportadores de oxígeno) • Optimización de la capacidad de transporte de oxígeno entre otras funciones (por ejemplo, mejora de la regulación de la temperatura o de la capacidad de compensación = que es necesaria para una menor fatiga local y general).
<p>Vasos sanguíneos como vías de transporte y zonas de intercambio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de los capilares • Aumento del tamaño de la superficie de intercambio • Optimización del intercambio de oxígeno. • Optimización de la distribución de sangre (vasoconstricción de vasos sanguíneos en la musculatura no activa). • Más riego sanguíneo de la musculatura activa, con distribución del oxígeno y nutrientes y/o mejor evacuación de las impurezas)

2. TIPOS DE RESISTENCIA

La resistencia se clasifica de diversas formas según sea el criterio de observación (Tabla 2.3.). En relación con el volumen de musculatura implicada se distingue la resistencia general y local; en base a la especificidad de la modalidad deportiva, resistencia de base o general y resistencia especial o específica; en función de la obtención de energía muscular, resistencia aeróbica y anaeróbica; en relación de la duración del esfuerzo, resistencia de corta, media y larga duración; y atendiendo a la implicación de las capacidades físicas, resistencia de fuerza, resistencia de fuerza explosiva y resistencia de velocidad

2.1. TIPOS DE RESISTENCIA EN RELACION CON EL VOLUMEN DE LA MUSCULATURA IMPLICADA

Se diferencian la *resistencia muscular general* y la *resistencia muscular local*. La **resistencia general (muscular)** implica más de 1/6-1/7 de toda la musculatura esquelética -la musculatura de la pierna, por ejemplo, representa cerca de 1/6 de la masa muscular total- y está limitada principalmente por el sistema cardiovascular-respiratorio (especialmente el Consumo Máximo de Oxígeno) y el aprovechamiento periférico del oxígeno.

La **resistencia local (muscular)** contiene una participación de menos de 1/6 - 1/7 de masa muscular total y se ve determinada particularmente por la fuerza especial, la capacidad anaeróbica y otras formas limitantes de fuerza, como la resistencia de velocidad, de fuerza y de fuerza explosiva (figura 1.2), así como por la cualidad de coordinación neuromuscular específica de la modalidad (técnica).

La resistencia muscular general -caracterizada por una capacidad aumentada del sistema cardiovascular- puede influenciar de diversas maneras, limitando o desarrollando la resistencia local (esto es válido especialmente para la recuperación más rápida después de la carga). En el caso contrario no es frecuente que pueda ocurrir lo mismo, si bien algunas actividades deportivas de carácter general pueden topar con ciertas limitaciones en el ámbito local (por ejemplo, el brazo que lleva la raqueta de tenis, el trabajo de brazos en el esquí de fondo)

2.2. TIPOS DE RESISTENCIA EN RELACION A LA FORMA DE ESPECIFICIDAD DE LA MODALIDAD DEPORTIVA

Se distingue la *resistencia de base* (también general) y la *resistencia específica*.

Estos dos tipos de resistencia se contemplan bajo dos perspectivas distintas en la bibliografía (figura 2.1)

En el caso de la **resistencia de base** se entiende como:

- la capacidad de ejecutar un *tipo de actividad independiente del deporte* que implique muchos grupos musculares y sistemas (SNC, sistema cardiovascular y respiratorio) durante un tiempo prolongado. Afecta tanto a la componente aeróbica como a la anaeróbica, con predominio de la aeróbica.
- la capacidad de realizar durante un tiempo largo cualquier carga que implica a muchos grupos musculares y que *guarda una relación óptima* con un rendimiento específico.

La **resistencia específica** se contempla igualmente bajo dos perspectivas diferentes:

- como *característica relacionada con el deporte/modalidad*
- como *adaptación a las condiciones de carga propias de la competición*

En cualquier caso, la resistencia básica es *transferible positivamente de un deporte a otro* mientras que la resistencia específica no lo es.

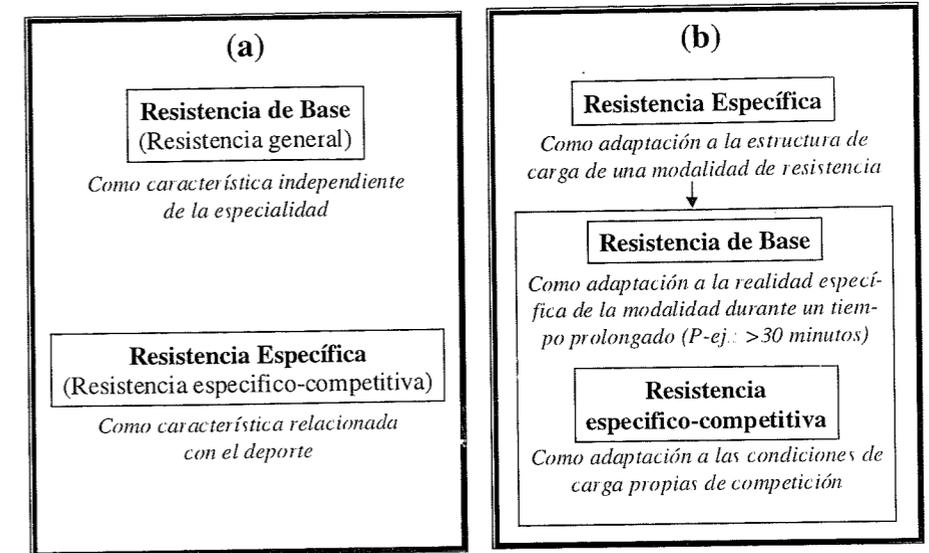
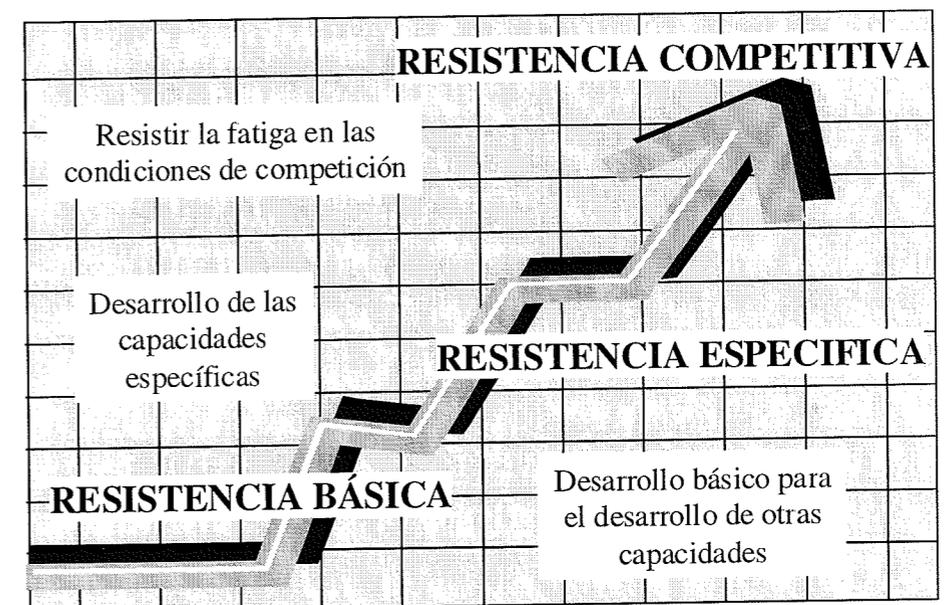


Figura 2.1 Distintas perspectivas de reconocimiento de la resistencia de base y la resistencia específica. Adaptado de Zintl (1991)

En ocasiones, la resistencia específica en los niveles de máxima similitud con las condiciones de competición se le denomina *resistencia competitiva* (figura 2.2).

Figura 2.2 Relación de los tipos de resistencia en función de su similitud con las condiciones de competición de una especialidad deportiva determinada



Por lo expuesto hasta el momento se puede afirmar que las distintas perspectivas para el reconocimiento de la resistencia de base y la resistencia específica están en función de los factores de rendimiento que influyen en el éxito para cada modalidad. Tomando como referencia la clasificación de las modalidades deportivas de referencia Zakharov y Gómez (1992), se pueden distinguir varios tipos de resistencia de base y de resistencia específica (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Tipos de resistencia de base y resistencia específica según la especialidad deportiva

TIPOS DE RESISTENCIA	CONCEPTO	ESPECIALIDADES DEPORTIVAS RELACIONADAS
RESISTENCIA BÁSICA I	Independiente de la especialidad deportiva (ejercicios generales)	Especialidades complejas de coordinación. Exigen expresión estética, artística en la ejecución del ejercicio de competición (gimnasia deportiva y artística, natación sincronizada, patinaje artístico, saltos de natación, gimnasia rítmica, etc). Especialidades de fuerza y velocidad. Exigen un carácter acíclico y mixto de ejercicios (saltos de atletismo, lanzamientos, halterofilia)
RESISTENCIA ESPECÍFICA I	Práctica en la propia especialidad	Especialidades de tiro. La actividad motora viene determinada por las condiciones de tirar al blanco (arco, tiro) Especialidades de conducción. La actividad motora está preferentemente ligada a la dirección (conducción) de medios de locomoción (carreras de coches, motos, vela, hípica)
RESISTENCIA BÁSICA II	Relacionada con la especialidad deportiva (ejercicios específicos)	Especialidades cíclicas. Se manifiesta especialmente la resistencia (carreras de atletismo, ciclismo, natación, remos, esquí, patinaje, triathlon)
RESISTENCIA ESPECÍFICA II	Desarrollo de las capacidades específicas de forma aislada	Especialidades combinadas⁽¹⁾. Pentatlón moderno, decatlón, etc
RESISTENCIA BÁSICA III Relacionada con la especialidad deportiva	(ejercicios semi-específicos)	Especialidades de combate. Lucha greco-romana y libre, judo karate, boxeo, esgrima, etc
RESISTENCIA ESPECÍFICA III	Desarrollo de las capacidades específicas de forma combinada y con diversidad de gestos específicos	Juegos deportivos. Fútbol, voleibol, baloncesto, tenis, balonmano, hockey, etc.

⁽¹⁾ Se deben tener en cuenta las condiciones de RB I y RE I de determinadas modalidades

2.3. TIPOS DE RESISTENCIA EN RELACION CON LA FORMA DE OBTENER LA ENERGIA MUSCULAR

Se distinguen la *resistencia aeróbica* y la *resistencia anaeróbica*.

En la **resistencia aeróbica** hay oxígeno suficiente para la oxidación de glucógeno y ácidos grasos. En la **resistencia anaeróbica**, el abastecimiento de oxígeno, debido a una gran intensidad de carga -bien a través de una alta frecuencia de movimientos o a través de una mayor movilización de fuerza- es insuficiente para la oxidación, y la energía se obtiene anaeróbicamente (sin la presencia de oxígeno).

Ambas formas son difíciles de encontrarlas en la práctica deportiva de una manera pura (tabla 2.2).

Tabla 2.2 Porcentaje de desarrollo de la capacidad aeróbica y anaeróbica en esfuerzos de distinta duración. Según Keul, Kindermann et al. 1978

Duración del esfuerzo	Hasta 20"	Hasta 40 segundos	1-8 minutos	más de 8 minutos
Aeróbico	0-5	Alrededor de 20	20-80	Por encima de 80
Anaeróbico	90-100	Por encima de 80	80-20	Por debajo de 20

2.4. TIPOS DE RESISTENCIA EN RELACION A LA FORMA DE TRABAJO DE LA MUSCULATURA ESQUELETICA

De acuerdo con las dos formas fundamentales de la musculatura esquelética, mantener y mover, se distinguen, tanto a nivel local como general, la *resistencia estática* y la *resistencia dinámica*.

La **resistencia estática** se basa en un trabajo estático que provoca una reducción del riego sanguíneo a nivel capilar y también de la aportación de oxígeno debido a la presión interna del músculo. La resistencia estática también queda limitada por la fatiga nerviosa (estímulos inhibidores desde el sistema nervioso central, agotamiento de la sustancia de transmisión), además de la falta de irrigación.

La resistencia estática puede tener un carácter mayoritariamente aeróbico o anaeróbico en función de la tensión muscular que se emplea. Según Holmman y Hettiguer (1980), con un porcentaje de tensión muscular en relación a la máxima entre el 30-50%, la resistencia empieza a ser mayoritariamente anaeróbica.

Según Zintl (1991), las mejoras de la resistencia estática se alcanzan en primer lugar a través del aumento de la fuerza máxima estática puesto que de esta forma se eleva el umbral de sensibilidad, por encima del cual se inician los procesos del metabolismo anaeróbico, Por ello, el entrenamiento de la resistencia estática pertenece, en cuanto a la metodología, más al ámbito del entrenamiento de la fuerza.

La **resistencia dinámica** se relaciona con el trabajo en movimiento. En la resistencia dinámica queda garantizada durante mayor tiempo la irrigación y una participación aeróbica más elevada debido a la alternancia entre tensión y distensión (efecto de bombeo del músculo, sobre todo para el caudal venoso de retorno).

La combinación de los tres criterios de clasificación vistos hasta ahora (masa muscular, vía energética y forma de trabajo) nos ofrece una nueva clasificación de la resistencia (figura 2.3).

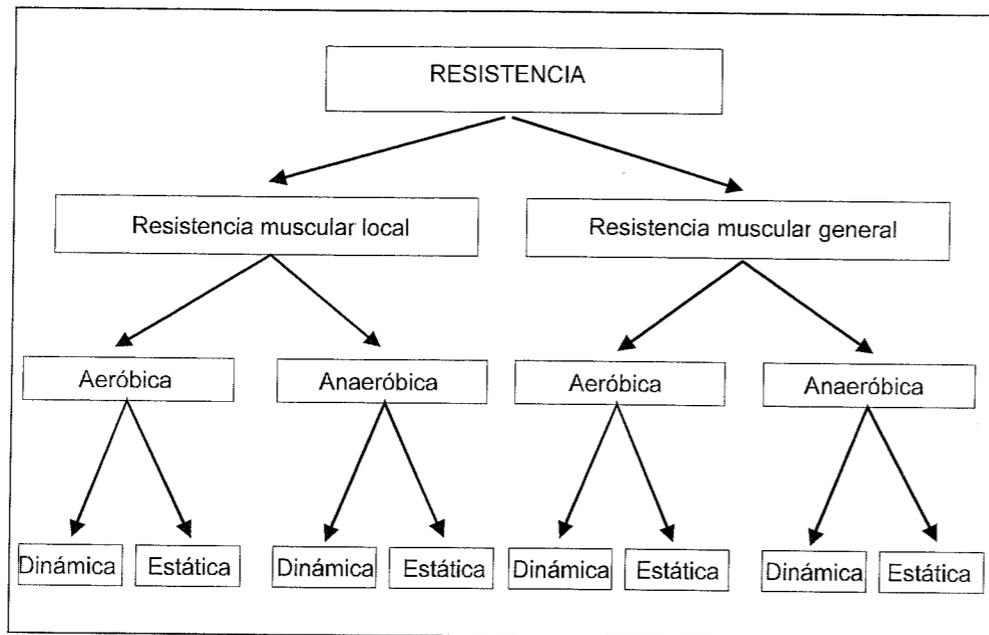


Figura 2.3 Clasificación de distintos tipos de resistencia.
Según Hollmann y Hettinguer (1980, 304)

Tabla 2.3. Tipos de resistencia según distintos tipos de clasificación
Adaptado de Zintl (1991)

Criterios	Nombre	Característica
Volumen de la musculatura implicada	- resistencia local - resistencia general	< 1/6-1/7 de la musculatura > 1/6-1/7 de la musculatura
Tipo de vía energética	- resistencia aeróbica - resistencia anaeróbica	Con suficiente oxígeno Sin oxígeno
Forma de trabajo de los músculos	- resistencia dinámica - resistencia estática	Frente al cambio continuo entre contracción y relajación en contracciones prolongadas
Duración de la carga en caso de máxima intensidad de carga posible	Resistencia de duración: - corta - mediana - larga I - larga II - larga III - larga IV	35 seg-2 min 2 min-10 min 10 min- 35 min 35 min-90 min 90 min-6 h más de 6 h
Relación con otras capacidades de condición física	- Fuerza - resistencia - Resistencia - fuerza explosiva - Velocidad - resistencia - Resistencia de sprint	Porcentaje de fuerza máxima: 80-30% Realización explosiva del movimiento Velocidades submáximas Velocidades máximas
Importancia para la capacidad de rendimiento específica del deporte practicado	- Resistencia de base	Posibilidades básicas para diferentes actividades motrices deportivas
	- Resistencia específica	Adaptación a la estructura de resistencia de una modalidad de resistencia

2.5. TIPOS DE RESISTENCIA EN RELACION AL TIEMPO DE DURACION DEL ESFUERZO

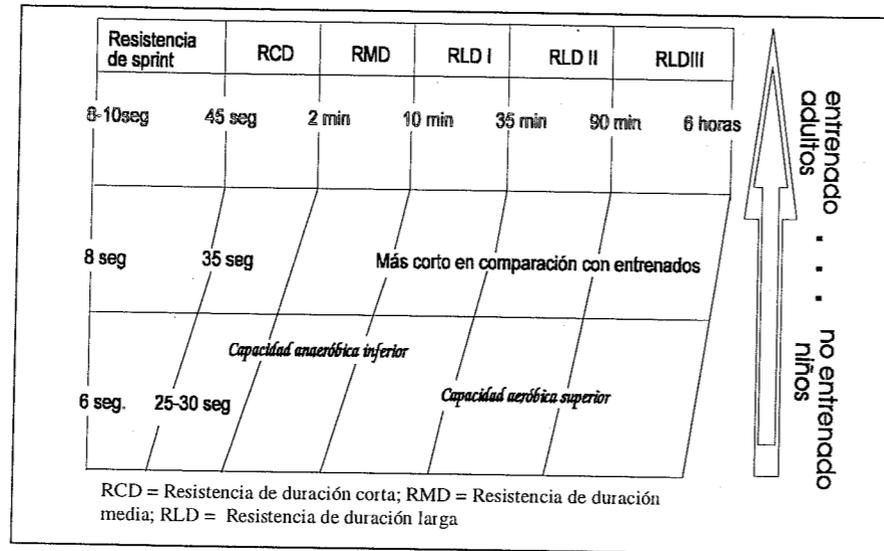
Algunos autores (Harre 1987; Neuman 1990; Zintl 1991) clasifican la resistencia en función de la duración de la actividad de competición (tabla 2.4.) en resistencia de corta duración (RCD), de media duración (RMD) y de larga duración (RLD). En cualquier caso, la intensidad de carga debe ser la máxima a la duración de cada esfuerzo.

Tabla 2.4. Límites temporales entre RDC, RDM, y RDL de diferentes autores

Autor	RDC	RDM	RDL
Pfeifer (1971)	45 s - 2 m	2 m - 5 m	> 8 m'
Harre (1982)	45 s - 2 m	2' - 11'	I 11 m-30m II 30 m - 90 m III >90 m
Zintl (1991) Neuman (1990)	35 m - 2m	2'-10'	I 10 m - 35 m II 35 m - 90 m III 90 m - 6 h IV >6 h

Esta clasificación de la estructura del rendimiento en el ámbito temporal no comprende todos los factores de la prestación. Por ejemplo, no contempla la relación potencia-tiempo de los desplazamientos (correr, nadar, remar, patinar, etc.) que siempre sería más importante para obtener el máximo resultado deportivo. Sin embargo, su utilización como parámetros orientativos específicos para el entrenamiento de la resistencia resulta de gran utilidad, si bien se deben tener en cuenta posibles variaciones en relación con el nivel de rendimiento o la edad biológica de los deportistas (figura 2.4.).

Figura 2.4. Límites temporales de los tipos específicos de resistencia en función del nivel de rendimiento y de la edad biológica. Adaptado de Köhler y cols (1978)



2.6. TIPOS DE RESISTENCIA EN RELACION A LA FORMA DE INTERVENCION CON OTRAS CAPACIDADES CONDICIONALES

El concepto de resistencia sufre una nueva alteración a través de la relación con otras capacidades condicionales, como la fuerza y la velocidad (figura 2.5)

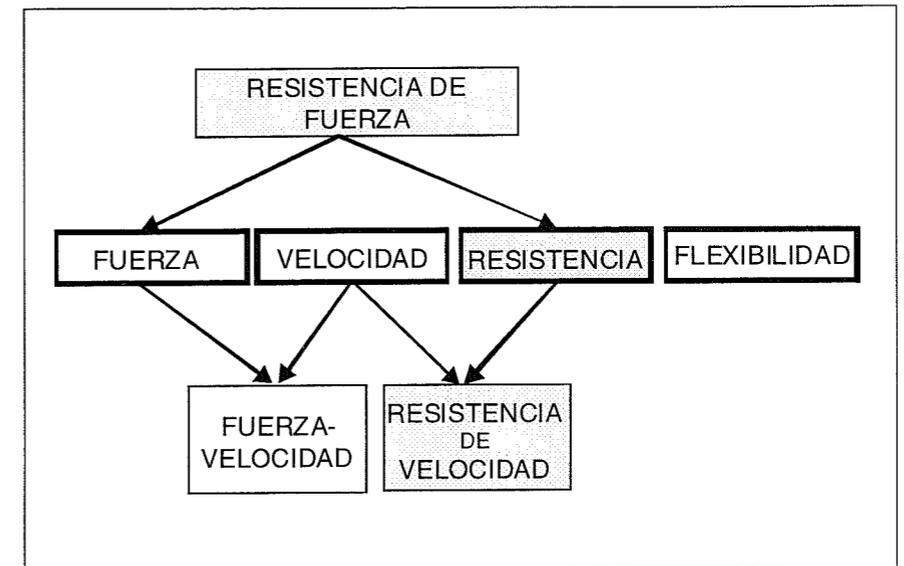


Figura 2.5. Relación de la resistencia con otras capacidades condicionales

2.6.1. RESISTENCIA DE FUERZA

El concepto de **resistencia de fuerza** se define como un presupuesto condicional de la prestación, determinado por la relación entre la capacidad de fuerza (fuerza máxima, fuerza-velocidad) y la resistencia. En la actividad deportiva, se produce esta relación cuando los esfuerzos se repiten con una duración y una frecuencia tales como para producir una disminución de la prestación del deportista, debido a la fatiga (figura 2.6). Mientras la fuerza máxima y la capacidad de fuerza-velocidad constituyen los presupuestos condicionales para las ejecuciones máximas en cada movimiento (cíclico y acíclico), la resistencia garantiza que haya la necesaria continuidad de acción con los esfuerzos óptimos, para el número necesario de ciclos de movimiento. Esto vale tanto para los movimientos cíclicos como para los acíclicos (figura 2.6 y 2.7) y tanto para un régimen estático como para uno dinámico.

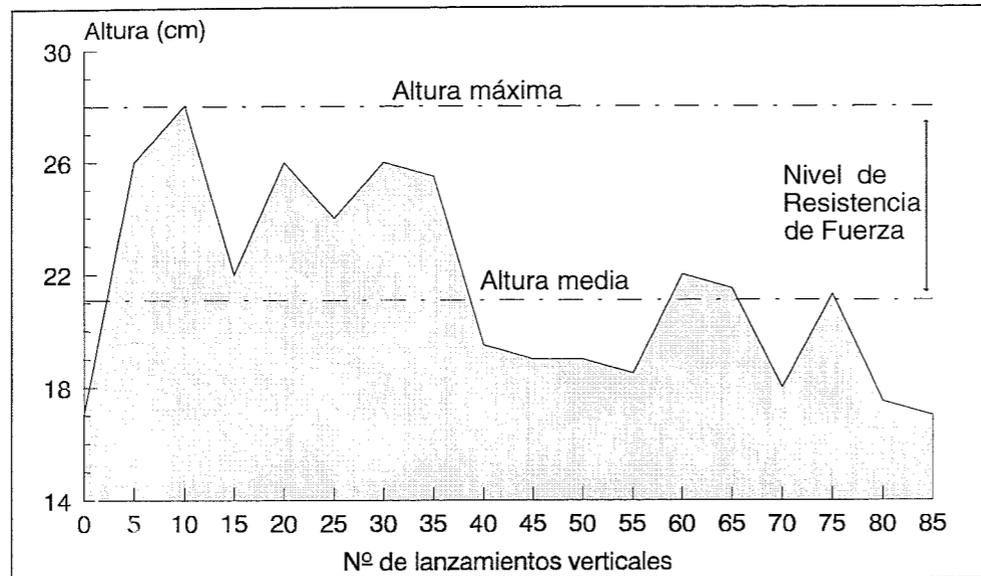


Figura 2.6 Altura alcanzada por un peso lanzado al aire durante un minuto. La altura alcanzada en la fase inicial la representa la expresión de la fuerza-velocidad. La resistencia a la fuerza-velocidad se caracteriza por la altura media. La diferencia o la relación porcentual entre altura máxima y altura media puede considerarse como expresión del nivel de resistencia (resistencia relativa a la fuerza-velocidad). Adaptado de Harre (1987).

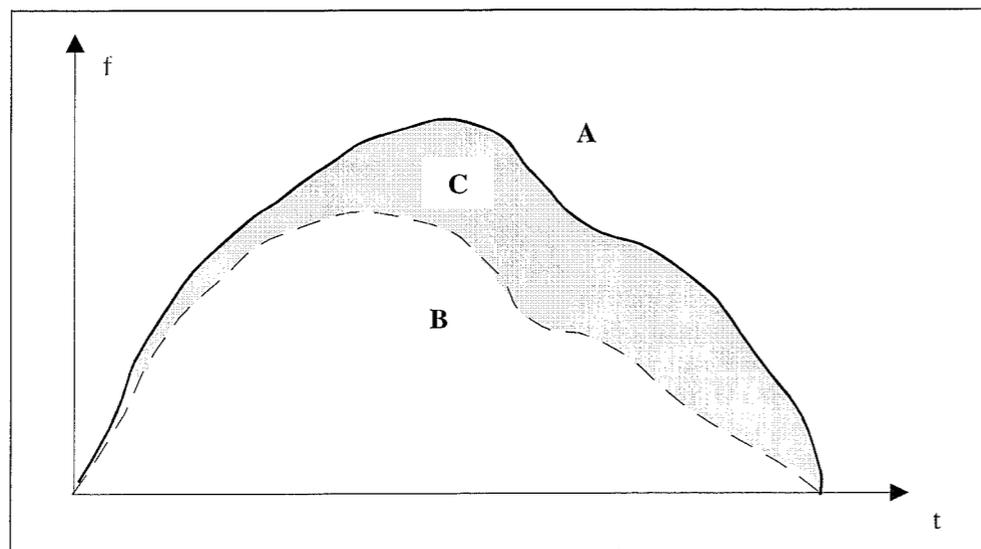


Figura 2.7 Curva fuerza-tiempo en una competición de remo y canoa. A- fase de la velocidad máxima en el primer cuarto de distancia; B- en el último cuarto; C- diferencia debida a la fatiga, que expresa la resistencia relativa a la fuerza. Adaptado de Harre (1987).

En la clasificación común de las capacidades condicionales, la resistencia de fuerza se sitúa en el punto de unión entre fuerza y resistencia. Distintos criterios de clasificación hacen posible situarlas entre las capacidades de resistencia, o bien entre las de fuerza. Para señalar su pertenencia al grupo de las capacidades de fuerza, varios autores utilizan el concepto de fuerza-resistencia. El criterio que distingue la fuerza-resistencia -en cuanto forma específica de las capacidades de fuerza-, de la resistencia a la fuerza -en cuanto forma específica de las capacidades de resistencia- podría ser el valor de la fuerza requerida en relación con la fuerza máxima individual (figura 2.8).

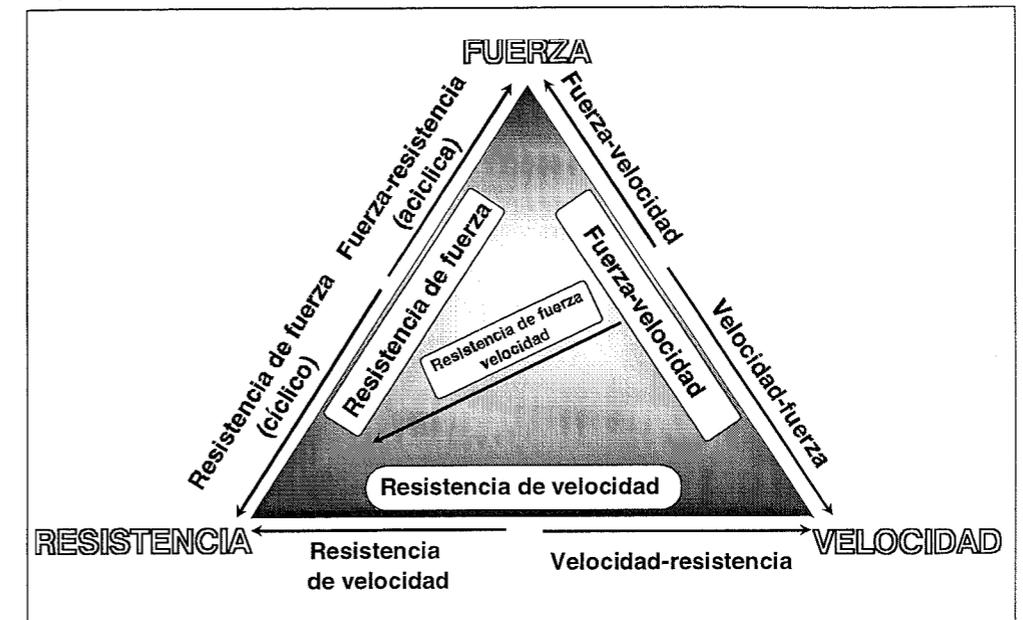


Figura 2.8. Relaciones entre las capacidades condicionales. En el interior se encuentran los conceptos de orden superior válidos para las capacidades complejas, mientras que en el exterior se encuentran definiciones diferenciadas en base a la capacidad dominante.

Schmidtbleicher (Schmidtbleicher 1985) sostiene que se debe hablar de ejecución de fuerza, sólo cuando la carga sea superior a un tercio de la máxima capacidad individual de ejecución. Por supuesto, no se debe olvidar el hecho de que las relaciones entre fuerza y resistencia se desarrollan en niveles completamente distintos según sean los esfuerzos que se requieren en los diversos deportes.

Tal como afirma Harre (1987), en el entrenamiento de fuerza máxima y en muchos ejercicios acíclicos de competición (por ejemplo, el lanzamiento de martillo, los saltos de atletismo, algunos elementos de gimnasia, etc.) se requieren cargas específicas máximas o próximas al máximo. Sin embargo, para conseguir un volumen elevado de entrenamiento, se necesita un régimen de resistencia adecuado. Se podría pensar que para definir esta relación entre fuerza máxima y resistencia en los movimientos

acíclicos, se puede utilizar el concepto de fuerza-resistencia, mientras la relación entre los esfuerzos medios a submáximos y la resistencia en los movimientos cíclicos (sobre todo refiriéndonos a los deportes de resistencia) podría ser definida con la expresión de resistencia de fuerza.

Pero independientemente de la posible practicabilidad de esta distinción, lo más importante para la práctica del entrenamiento es el que esté dirigido a las capacidades condicionales requeridas por los ejercicios específicos de competición. Por ello, utilizaremos solamente el concepto de resistencia de fuerza, en cuanto concepto de orden superior para todas las formas de relación entre fuerza y resistencia, si bien es conveniente tener presente que la resistencia de fuerza en los deportes cíclicos puede llegar a tener una consideración muy distinta en función de la duración del esfuerzo en las distintas modalidades. De este modo nos podemos encontrar con resistencia de fuerza de carácter general (RFgen), aláctica (RFala-la), láctica (RFla), o aeróbica (Rfae) según sea predominante un sistema energético para llevar a cabo la actividad (figura 2.9).

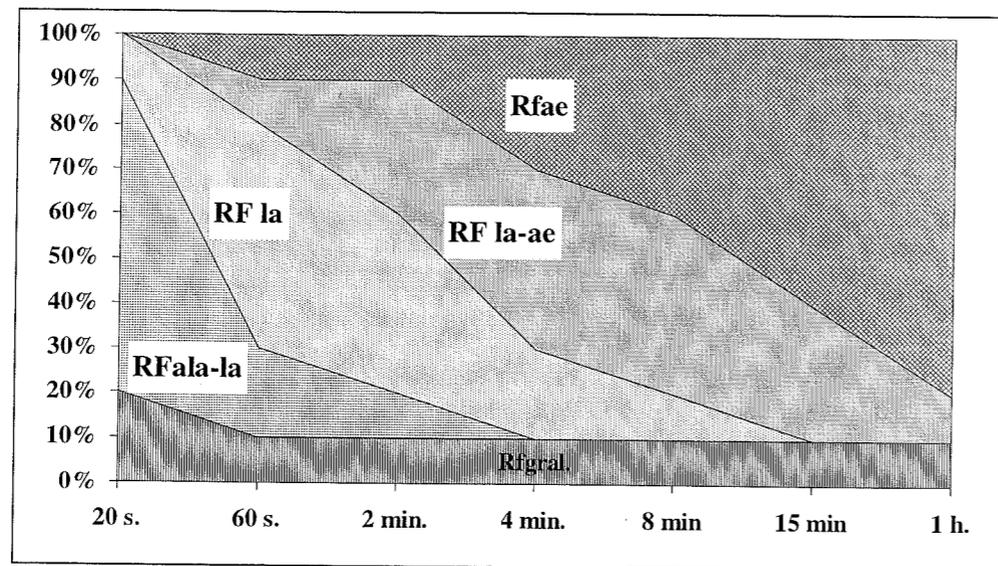


Figura 2.9. Influencia de los distintos tipos de fuerza según la duración de la actividad

Pero la resistencia de fuerza en los deportes cíclicos no sólo debe tener relación con la duración del esfuerzo en competición sino también con el elevado nivel de fuerza que se aplique en cada gesto simple (ciclo). Si bien parece lógico, como principio, que mientras los esfuerzos sean cortos, las posibilidades de mantener el nivel de fuerza sean mayores, en esfuerzos de resistencia la atención debe ponerse en la fuerza generada por las fibras lentas (tipo I). Recordemos que las fibras lentas están muy adaptadas a trabajos musculares extensivos, mientras que las fibras rápidas, adaptadas a esfuerzos breves e intensos, se caracterizan por una gran generación de fuerza y po-

tencia y un desarrollo de elevados ritmos de fuerza. En el entrenamiento de fuerza dirigido a la producción de fuerza muscular máxima, se ven involucradas principalmente las unidades motoras rápidas y sus ganancias de fuerza. Sin embargo, una implicación temprana de las unidades motoras rápidas en las actividades de resistencia reavivan el metabolismo anaeróbico y originan una fatiga más pronto.

En deportes de resistencia, el objetivo es exactamente el contrario. En este caso, el deportista sostiene durante un tiempo prolongado una determinada intensidad, implicando a las fibras motoras lentas. En este caso, la respuesta metabólica al ejercicio es aeróbica y el reclutamiento de fibras rápidas no es muy deseable. Cuanto menor sea la proporción de fibras rápidas activas, mejor. De este modo, la fuerza ejercida de forma repetida por un deportista durante un ejercicio de resistencia debería ser comparado no con la fuerza máxima sino con la fuerza máxima sostenible por las fibras lentas (oxidativas, resistentes a la fatiga).

Por ello, se recomienda partir siempre en la realización de un esfuerzo para la mejora de la resistencia de fuerza aeróbica con un nivel de cargas submáximas con un elevado número de repeticiones. Por ejemplo, en ciclistas de ruta, realizar esfuerzos con una ligera pendiente durante 10-15 minutos.

Para Verjoshanski (1990, 64), además del aumento de la capacidad de contracción (fuerza) y de la capacidad oxidativa, una condición importante para el desarrollo de lo que denomina resistencia local muscular, está representada por la redistribución del flujo sanguíneo y por la mejoría de las reacciones vasculares locales.

La resistencia muscular local se manifiesta en la capacidad del atleta de expresar, a largo plazo, la componente de fuerza del ejercicio (Verjoshanskij 1990, 64). En los deportes cíclicos de resistencia, la disminución de la velocidad en el transcurso de una prueba es causada principalmente por la disminución de la longitud de ciclo (distancia recorrida por cada acción propulsora cíclica) y no tanto por la frecuencia de ciclo. Si el aumento de la longitud de ciclo se ve favorecida por el aumento de la resistencia local de fuerza queda bastante claro el papel que juega la resistencia muscular local en las disciplinas deportivas en las que se exige mantener un esfuerzo prolongado con un nivel elevado de rendimiento.

En cualquier caso, un aumento de la fuerza máxima significa que es necesario emplear un porcentaje menor de dicha fuerza para alcanzar el mismo resultado, lo que supone que es posible mantener por más tiempo la manifestación de la fuerza necesaria o aplicar más en el mismo tiempo, lo que implica una mejora de la resistencia a la manifestación de fuerza (Gonzalez Badillo y Gorostiaga Ayestarán 1995, 23)

2.6.2. RESISTENCIA DE VELOCIDAD

Se considera como la *resistencia frente a la fatiga en caso de cargas con velocidad submáxima a máxima y vía energética mayoritariamente anaeróbica*

Esto significa para la velocidad cíclica pocas pérdidas en la velocidad de desplazamiento, y para la velocidad acíclica (por ejemplo, boxeo, deportes colectivos), repetidas altas velocidades de contracción a pesar de una carga global prolongada (Zintl, 1991, 40).

Estudios científicos recientes indican convincentemente que el desarrollo de la resistencia no puede ser efectivo si no se ve acompañada por ejercicios de velocidad y de fuerza. En ello ha llegado a ser evidente el valor del papel del fosfato de creatina como transmisor de energía desde la producción en la mitocondria hasta el consumo en la miofibrilla.

Esto indica la necesidad directa de encontrar medios más efectivos y métodos para desarrollar el mecanismo de la creatinquinasa para pruebas donde el sistema de energía dominante se localiza en la mitocondria. Por otro lado, el entrenamiento de resistencia puede aumentar el potencia del energía en la mitocondria, pero el potencial aumentado no puede ser explotado eficientemente. Según Tsharoyena y ot. (1986), el mecanismo de la creatinquinasa es también decisivo en el desarrollo de la resistencia de velocidad (Nurmekivi y Lemberg 1992).

3. ESTRUCTURA DE LA RESISTENCIA BÁSICA

Dada la gran diversidad de tipos de la resistencia, y atendiendo a un punto de vista metodológico y práctico, parece más apropiado diversificar los tipos de resistencia diferenciando dos formas fundamentales de ésta que se dan en cualquier modalidad deportiva: la resistencia básica y la resistencia específica, para posteriormente los distintos tipos que las caracterizan. Adoptamos para ello la clasificación señalada en el apartado 2.2. y que se ofrece en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Formas y tipos de resistencia desde una perspectiva metodológica. Adaptado de Zintl (1991,43)

Formas	Característica	Tipos
Resistencia BÁSICA (RB)	Carácter básico para desarrollar otras capacidades	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia de base I (RB I). Resistencia básica independiente de la modalidad deportiva (ejercicios generales) • Resistencia de base II (RB II). Resistencia básica relacionada con la modalidad deportiva (ejercicios específicos) • Resistencia de base III acíclica (RB III). Resistencia en deportes colectivos/combate con cambios acíclicos de la carga
Resistencia ESPECÍFICA (RE)	Enfocada en la estructura de carga específica de cada modalidad, relación óptima entre intensidad y duración de la carga	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia de corta duración (RCD) (35 s- 2 m) • Relación de mediana duración (RMD) (2 - 10 m) ambas = resistencia de velocidad o de fuerza. • Resistencia de larga duración I (RLD I) (10- 35 m) • Resistencia de larga duración II (RLD II) (35- 90 m) • Resistencia de larga duración III (RLD III) (90 m-6h) • Resistencia de larga duración IV (RLD IV) (> 6h)

Los rendimientos de resistencia se basan en procesos de control nervioso central (Neuman y Beyer, 1981), aparte de los mecanismos reguladores cardiopulmonares y energéticos. Los sistemas orgánicos (sistema cardiovascular, sistema nervioso vegetativo, sistema endocrino, etc) presentan una autorregulación relativamente independiente en esfuerzos de intensidad baja y media (hasta el 70-75% del VO_2 máx). Solo para intensidades más elevadas se necesita la parte integradora del sistema nervioso central para la función de los sistemas orgánicos (Grosser, Brüggemann et al. 1989, 128).

Por otro lado, existe un cierto acuerdo entre diversos autores (Neuman 1983; Platonov 1988; Grosser, Brüggemann et al. 1989; Weinek 1991; Zintl 1991) de que la adaptación del organismo frente a esfuerzos de resistencia se puede llevar a cabo en tres niveles de esfuerzo: *básico*, *de desarrollo* y *límite* (tabla 3.2 y figura 3.1). El *nivel básico* corresponde a esfuerzos inferiores al 70% del VO_2 máx, una situación metabólica estable y la degradación preferentemente de las grasas, con utilización mayoritaria de las fibras musculares oxidativas de contracción lenta (STO). El *nivel de desarrollo* corresponde a la zona de transición aeróbica-anaeróbica, trabajando con el 70-90% del VO_2 máx, con metabolismo mayoritariamente aeróbico y con menor o mayor intervención anaeróbica en función de la intensidad y la duración. La utilización de la energía se lleva a cabo principalmente a expensas de los hidratos de carbono, y las fibras musculares que principalmente se activan son las STO y las fibras rápidas oxidativas (FTO). Existe un equilibrio de flujo energético limitado (10-90 min). En el *nivel límite* se consume más y corresponde a más del 85% del VO_2 máx. Para los esfuerzos en esta zona se necesita la activación adicional de las fibras rápidas anaeróbicas (FTG).

Tabla 3.2. Niveles de esfuerzo para el desarrollo de la resistencia

Nivel de esfuerzo	Criterios de carga			
	% sobre mejor rendimiento en la distancia	% del VO_2 máx	Frecuencia cardiaca (p/min)	Concentración de lactato en sangre (mM/l)
Básico	60-70%	50-70%	130-150 p/min;	< 2 mmol
Desarrollo I y II	70-90%	> 70%	160-180 p/min;	3-7 mmol/l
Límite	95-100%	=100%	180-200 p/min;	> 7 mmol

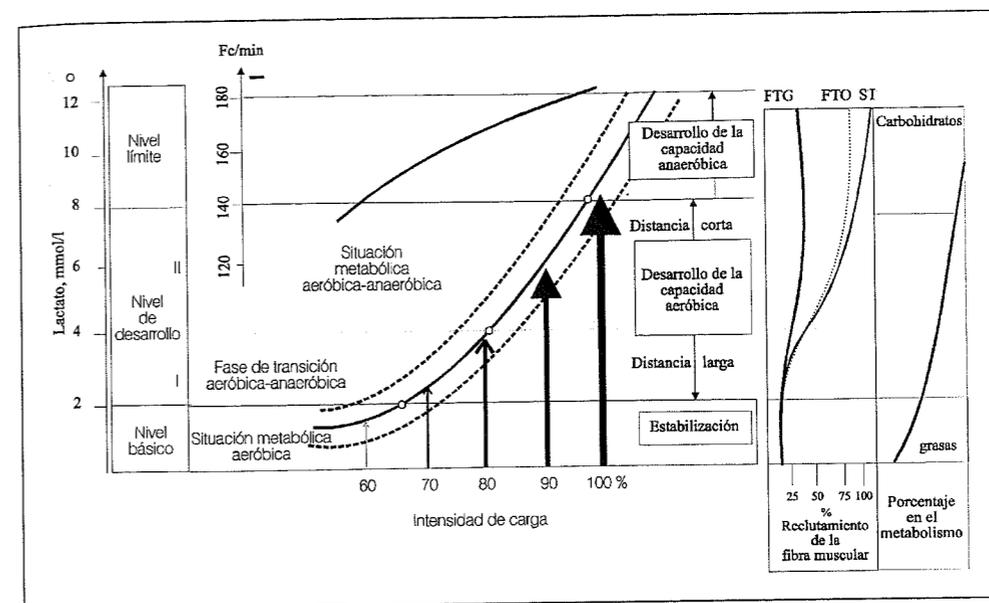


Figura 3.1. Influencia de la intensidad de las cargas de resistencia en los tres niveles reguladores de los procesos metabólicos del organismo. Adaptado de Neuman (1987)

Así pues, normalmente la resistencia básica se caracteriza como una resistencia aeróbica general a intensidades bajas y medias (50-70% del VO_2 máx), con una situación metabólica estable y con preferencia en la degradación de los lípidos.

3.1. RESISTENCIA BASICA I (RB I)

La RB I es una resistencia básica que se emplea fundamentalmente en los deportes que no son de resistencia. Su entrenamiento permite (figura 3.2) la conservación de un estado saludable, crear unas condiciones óptimas para el desarrollo de las capacidades de condición física más relevantes en las especialidades deportivas en las que la resistencia no es el factor determinantes del rendimiento (deportes técnicos, de fuerza explosiva velocidad, etc.), permitir la aplicación de cargas más elevadas de entrenamiento y competición, mejorar las condiciones de recuperación y "hacer más soportable la carga psíquica" (Zintl, 1991, 92).

Los ejercicios que se emplean en la RB I tienen un carácter independiente de la actividad deportiva, es decir, su desarrollo no depende de ejercicios muy concretos sino que se puede adquirir con ejercicios generales. Por esta razón, existe una transferencia positiva entre distintos deportes y/o modalidades deportivas.

La RBI se basa sobre todo en la economización de la capacidad aeróbica a nivel medio (VO_2 máx de unos 45-55 ml/kg/min), siendo considerada como una resistencia

dinámica aeróbica general de intensidad media (entre 60-75% del VO_2 máx). Por esta razón, el metabolismo aeróbico se encuentra en una situación estable, entre la zona del umbral aeróbico (1,5 - 2 mmol/l) y el umbral anaeróbico (2-3 mmol/l).

Las características y los objetivos más significativos de la RB I se muestran en la figura 3.2. y en la tabla 3.3.



Figura 3.2. Objetivos del entrenamiento de la resistencia de Base I

3.2. RESISTENCIA BASICA II (RB II)

La RB II es una resistencia básica que se emplea fundamentalmente en los deportes de resistencia para crear la *adaptación general del organismo* a los esfuerzos específicos de resistencia, con el fin de establecer un punto de partida más ventajoso para la transferencia *para el desarrollo de la resistencia específica*, además de activar *nuevas reservas* para posibilitar mayores incrementos de rendimiento. Asimismo, permite la realización de la técnica deportiva en condiciones más económicas, mejoras en la coordinación intermuscular, aumento del aporte energético y una mejor tolerancia psíquica frente al esfuerzo (figura 3.3).

Al contrario de los ejercicios que se empleaban en la RB I, los ejercicios que se emplean en la RB II tienen un *carácter específico* (el movimiento de la especialidad

concreta o ejercicios de estructura parecida), produciéndose *adaptaciones musculares* (en concreto de la coordinación intermuscular, dinámica muscular, aporte energético), aparte de los sistemas regulados vegetativamente, y una mayor economización de la técnica deportiva. Por todo ello, la RB II *no es transferible* o lo es en muy pequeña medida a otras especialidades de resistencia.

La RB II se basa en una *elevada capacidad aeróbica a nivel medio* (VO_2 máx de unos 60-65 ml/kg/min como mínimo), siendo considerada como una **resistencia dinámica aeróbica general de intensidad submáxima** (entre 75-80% del VO_2 máx). Por esta razón, nos encontramos ante una *situación mixta aeróbica-anaeróbica* del metabolismo con velocidades entre la zona del umbral anaeróbico (3-4 mmol/l) y por encima de ella (aprox. 8 mmol/l).



Figura 3.3. Objetivos del entrenamiento de la resistencia de Base II

Otros factores que intervienen de forma importante para el rendimiento de la RB II son la *fuerza y la velocidad*.

Ante el aumento de la intensidad de la actividad en las condiciones de la RB II, la **coordinación de los sistemas orgánicos** se lleva a cabo a través del *centro de control central e integrador del sistema nervioso central*.

Las características y los objetivos más significativos de la RB II se muestran en la figura 3.3. y en la tabla 3.3

3.3. RESISTENCIA BASICA III (RB III)

La RB III o resistencia básica acíclica es aquella resistencia *relacionada con los deportes colectivos y de combate* (baloncesto, balonmano, fútbol, hockey, judo, lucha, etc.) que pretende *crear la base para un amplio entrenamiento de la técnica y de la táctica y mejorar la capacidad de recuperación* durante las fases de baja intensidad competitiva, además de conseguir una mejor tolerancia psíquica frente al esfuerzo (Figura 3.4).

Para Weinek (Weinek 1994, 29-31), con un buen desarrollo de la resistencia básica para el rendimiento del futbolista se consigue:

- Aumentar la capacidad física
- Optimización de la capacidad de recuperación
- Minimización de lesiones
- Aumento de la resistencia psíquica
- Reducción de errores ocasionados por el cansancio
- Velocidad de reacción constantemente alta
- Salud más estable

No obstante, Weinek remarca que a pesar de las múltiples ventajas señaladas sobre una resistencia básica bien desarrollada, el futbolista no debe tener nunca como objetivo desarrollar al máximo su capacidad de resistencia, sino adecuarla sus necesidades futbolísticas, en la proporción adecuada que no le limite el entrenamiento de otras capacidades más importantes y en la medida de que no le afecte al desarrollo de la velocidad o le dificulte su necesaria recuperación (Weinek 1994).



Figura 3.4. Objetivos del entrenamiento de la resistencia de Base III

La RB III se caracteriza por un *cambio irregular de las intensidades de carga* donde se alternan (a) fases cortas (pocos segundos) de *cargas máximas*, (b) *cargas medias hasta submáximas* más prolongadas (segundos hasta minutos) y (c) *pausas con recuperaciones relativas*. Esto supone un volumen de cargas interválicas elevado y un cambio continuo entre situaciones metabólicas anaeróbico-alactácidas, anaeróbico-lactácida y aeróbica, predominando esta última. Los valores de lactato sanguíneo en los deportes colectivos no suelen superar los 6-8 mmol/litro.

Los ejercicios que se emplean en la RB III están ligados a *cargas de tipo interválico* y al *cambio de formas motrices* (por ejemplo, sprint, marcha, trote, saltos, lanzamientos, mantener una carga). Por ello, la *transferencia* dentro de los deportes colectivos o de combate es *relativamente elevada*, si bien es baja para deportes cíclicos de resistencia. Podemos considerar que los ejercicios utilizados en la RB III tienen un carácter específico (ejercicios de estructura parecida).

La RB III se basa en una *capacidad aeróbica por encima de la media* (VO_2 máx de unos 55-60 ml/kg/min como mínimo), y en la *capacidad anaeróbica alactácida* (depósitos de fosfato), con una recuperación rápida. Las *reservas de glucógeno* alcanzan una cierta importancia ante las continuas repeticiones que se llevan a cabo para la movilización de la producción de lactato a corto plazo.

LA RB III se nutre de una *movilización económica de las catecolaminas* (adrenalina y noradrenalina)¹, es decir, de una menor activación de estas hormonas frente a la misma carga física y psíquica y en el mantenimiento de un suficiente nivel de catecolaminas durante el esfuerzo. Las investigaciones de Lehmann et al (1989, 18) muestran que los deportistas que mejores resultados obtienen en las competiciones registran una menor segregación de catecolaminas que los deportistas con una capacidad de rendimiento inferior.

Las características y objetivos más significativos de la RB III se muestran en la figura 3.4 y en la tabla 3.3.

¹Las cargas físicas y psíquicas dan motivo para la liberación de las catecolaminas desde la médula suprarrenal a la sangre. La adrenalina incrementa sobre todo la frecuencia cardiaca y la contracción del músculo cardiaco; degrada el glucógeno dentro del metabolismo (gluconeogénesis) a nivel de hígado y músculo y moviliza los ácidos grasos libres procedentes del tejido graso. La noradrenalina estrecha los vasos (vasoconstricción), incrementa la presión sanguínea y moviliza (conjuntamente con la adrenalina) sobre todo a los ácidos libres del tejido graso. Las adaptaciones al entrenamiento se manifiestan en que se consigue el mismo rendimiento con menos cantidad de catecolaminas pero, en caso de necesidad, se pueden liberar muchas más.

4. ESTRUCTURA DEL RENDIMIENTO DE LA RESISTENCIA ESPECIFICA

Resistencia básica I RB I	Resistencia básica II RB II	Resistencia de básica acíclica RB III
<ul style="list-style-type: none"> • <i>resistencia aeróbica general en un nivel de cargas de mediana intensidad</i> • <i>capacidad aeróbica media (VO₂máx de unos 45-55 ml/Kg/min)</i> • <i>uso económico de esta capacidad (nivel de UAN² a un 70-75% del VO₂máx)</i> • <i>situación estable del metabolismo aeróbico (valores de LA < 3 mmol/l)</i> • <i>ejercicios variados y globales</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>resistencia aeróbica general en un nivel submáximo</i> • <i>elevada capacidad aeróbica (VO₂máx > 60 ml/Kg/min)</i> • <i>aprovechamiento óptimo de ésta capacidad (75-80% de VO₂máx)</i> • <i>metabolismo mixto aeróbico-anaeróbico (LA de 4-6 mmol/l)</i> • <i>empleo de ejercicios específicos</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>resistencia aeróbica general con cargas de intensidad media a submáxima y cambio interválico de cargas</i> • <i>capacidad mayoritariamente aeróbica (VO₂máx entre 55-60 ml/Kg/min)</i> • <i>cambio constante de metabolismo mixto aeróbico-anaeróbico (LA de 6-8 mmol/l)</i> • <i>alternancia de las formas de movimiento</i>

Tabla 3.3. Características más significativas entre los tres tipos de resistencia básica

² Umbral anaeróbico

La estructura del rendimiento es un parámetro de referencia para el entrenamiento de alto nivel, que se caracteriza por el estado de desarrollo de la capacidades físicas, técnicas y psicológicas determinantes para la prestación en un periodo de máximo rendimiento (Schnabel 1981). Del estudio a través de tests de campo y laboratorio se puede determinar el nivel de adaptación de un deportista a un deporte determinado y de esta forma recabar conclusiones sobre la dirección futura del entrenamiento. Si se parte de la diversa sollicitación de la musculatura, del sistema cardiovascular, nervioso, o metabólico determinada por la carga de entrenamiento y de competición de las diversas disciplinas y/o deportes de resistencia, es posible una clasificación de varios tipos de resistencia basada en la duración de la carga de esfuerzo máximo.

El desarrollo de la capacidad motora -resistencia, velocidad, fuerza- es necesario para lograr un rendimiento específico en una actividad de resistencia de duración corta (RDC), resistencia de duración media (RDM) o de los distintos tipos de resistencia de duración larga (RDL) (figura 4.1). De este modo, una menor duración del tiempo de prueba (competición) implica una participación más elevada de la fuerza para la potencia propulsiva y una frecuencia de movimientos más elevada. Ha sido Neuman (Neuman 1990; Neuman 1991) quien ha prestado mayor atención al desarrollo de la estructura de la resistencia específica.

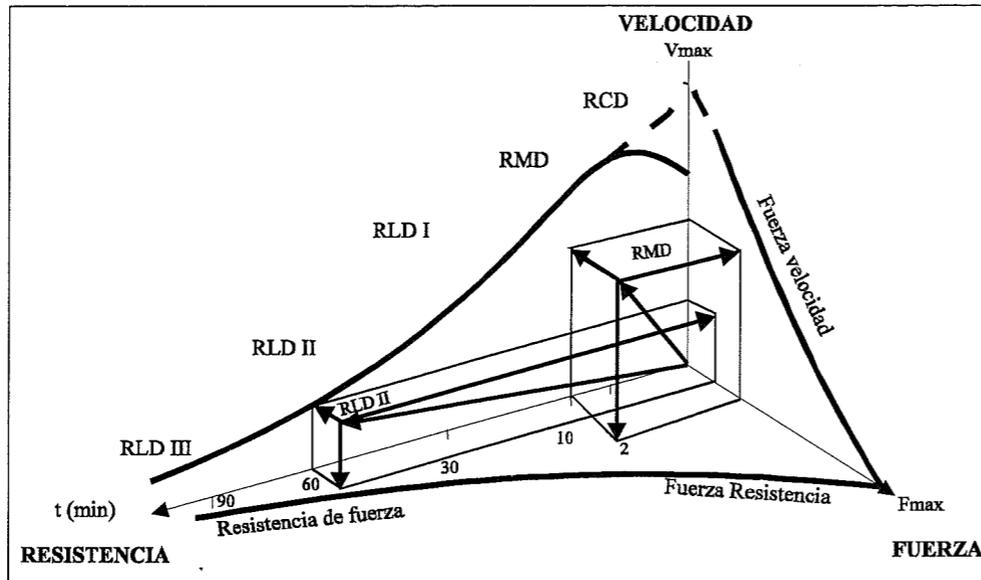


Figura 4.1. Representación gráfica de cómo las capacidades de resistencia, fuerza y velocidad son solicitadas de forma distinta en cargas de resistencia de duración corta, media y larga

La figura 4.2 muestra las contribuciones de las diferentes fuentes de energía con los objetivos fisiológicos y los tipos de resistencia en función de la duración del esfuerzo.

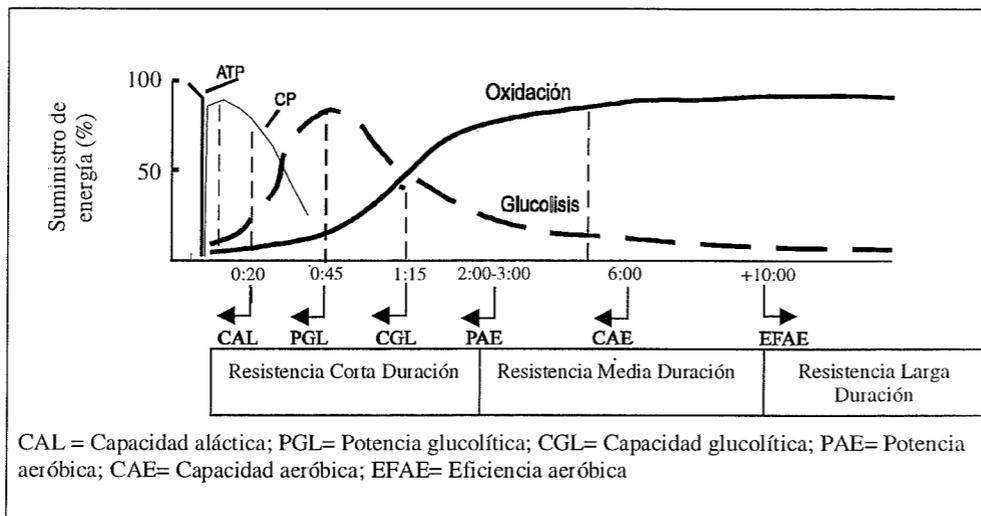


Figura 4.2. Contribución de las fuentes de energía durante los esfuerzos de diferente duración

Los diferentes deportes están caracterizados por una especificidad precisa de esfuerzo que determinan la variabilidad de la duración de las cargas de trabajo. Por ejemplo, la duración del trabajo para la potencia y la capacidad anaeróbica aláctica en piragüismo y remo debería ser relativamente más grandes debido a la mayor lentitud del ritmo de los movimientos.

4.1. LA RESISTENCIA DE CORTA DURACION (RDC)

4.1.1. LOS LÍMITES TEMPORALES

La RDC comprende una escala temporal que va de 35 segundos a los 2 minutos. En estos límites temporales se encuentran las pruebas de 100 metros de natación, los 500 y 100 metros de patinaje sobre ruedas, los 1000 metros de ciclismo en pista, los 400 y 800 metros en carrera y los 500 metros de canoa.

En realidad, desde el punto de vista biológico, el límite de la carga que puede considerarse como velocidad y el rendimiento más corto de resistencia no está definido claramente. En el lenguaje común, la distancia más breve de una especialidad de resistencia se suele indicar como una prueba de velocidad prolongada.

4.1.2. DEMANDAS DE LOS SISTEMAS FUNCIONALES EN LOS ESFUERZOS DE RDC

4.1.2.1. El sistema motor

En los esfuerzos de RDC se requiere una elevada activación del sistema nervioso central. En estos esfuerzos el programa motor se facilita por reclutamiento predominante de fibras musculares de contracción rápida (FT). Entre los deportistas de actividades de RDC, la proporción de fibras FT es mayor que los de mayor duración (tabla 4.2). Sin embargo, esta proporción puede llegar a tener diferencias notables entre distintos deportes ante la importancia de la relación fuerza-tiempo que intervenga en cada uno de ellos. Por ejemplo, en la tabla 4.1 se muestra como los corredores de 400 metros lisos o los patinadores de velocidad disponen de un elevado porcentaje de FT (45%), mientras el nadador apenas tiene un 23%. El deporte de RDC requiere una elevada frecuencia de movimientos, un rápido aumento del parámetro fuerza-tiempo en la acción propulsiva y una oposición relativamente escasa al movimiento de desplazamiento, por lo que el deportista con elevado porcentaje de FT tendrá claramente ventaja.

Tabla 4.1. Porcentaje de fibras rápidas (FT) y fibras lentas (ST) en deportistas de RDC y RMD (Datos extraídos de Körner y Schwanz (1985); Shephard (1987); Neuman (1991))

Deporte	% FT	% ST
400 m. lisos	45	55
Patinaje sobre patines	44,8	55,2
Canoa	35	65
Ciclismo en pista	31	69
Remo	30	70
800, 1500 m. lisos	29	71
Natacion	23,2	76,8

Independientemente de las fibras musculares, que como es sabido están condicionadas genéticamente, se debe tener en cuenta que, gracias al entrenamiento específico, la cualidad de la fibra metabólica se puede adaptar en una dirección aeróbica o anaeróbica. Un perfeccionamiento adecuado de la técnica de movimiento permite modificar el programa motor a nivel neuromuscular, creando un nuevo patrón coordinativo.

Tanto un entrenamiento de resistencia a la fuerza como un entrenamiento de velocidad permite aumentar el volumen de las fibras FT y ST (tabla 4.2). La hipertrofia de la fibra muscular es una condición necesaria para la eficacia del movimiento de impulso en cada ciclo de movimiento.

4.1.2.2. Bases energéticas del rendimiento

En los rendimientos de duración corta, el músculo utiliza principalmente la reserva local de energía- el adenosíntrifosfato (ATP), el creatinfosfato (CP) y el glucógeno muscular. La producción de glucosa en el hígado y suministro a la sangre tarda aproximadamente 1 minuto y puede producir un efecto solamente en duraciones superiores a esta duración.

En la interpretación de la base energética de la prestación de RDC domina actualmente la idea de que la transformación de la energía por vía láctica es muy elevada (tabla 4.2). Sin embargo, nuevos datos experimentales indican una disminución de la importancia del metabolismo anaeróbico y un creciente aumento del aeróbico, dándose como valores de contribución aeróbica en duraciones de esfuerzos máximos entre 1-2 minutos de hasta un 50% (figura 4.3). Los datos de Medbo y Tabata (1989) en base a la medición del déficit de O₂ en ciclistas (figura 4.4) y los de Troup (Troup 1991) sobre nadadores de 100 y 200 metros libres confirman lo anterior (figura 4.5). De los resultados de estos autores se recaba que el porcentaje de la transformación anaeróbica de la energía con cargas de duración corta está calculada en exceso.

En la práctica, el porcentaje anaeróbico del metabolismo energético con una carga de duración corta se puede estimar sobre la base de la concentración de lactato en sangre después de una carga de competición. En sujetos muy entrenados, se alcanza una media de 18 a 22 mmol/l de lactato.

Desde la perspectiva de la producción de energía (tabla 1.5 y figura 1.12), la RDC puede abarcar las siguientes metas fisiológicas:

0:45 s	Potencia glucolítica
1:15 m	Capacidad glucolítica
2:00 m	Potencia aeróbica

4.1.2.3. Bases cardiovasculares de rendimiento

El sistema cardiovascular lleva a cabo la función fundamental de suministrar oxígeno a la musculatura ejercitada. Las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) y el sistema nervioso simpático garantizan la plena eficiencia en prestaciones de este tipo. Una consecuencia de ello es la respuesta de la frecuencia cardíaca que alcanza valores individuales de 190 a 210 pulsaciones/minuto (tabla 4.2).

El máximo consumo de oxígeno (VO₂ máx) puede ser solicitado al 100% sólo después de una duración de unos 40-60 segundos (tabla 4.2). El consumo de O₂ crece linealmente desde el inicio de la carga y alcanza alrededor del 50% después de aproximadamente 30 segundos (Serrese, Lortie et al. 1988). Con el fin de poder elevar el metabolismo a un nivel más alto, es conveniente un largo calentamiento previo (Neuman 1991). En unos pocos minutos, el sistema cardiovascular no puede establecer un total steady-state metabólico. Una prueba de ello se ve en el continuo aumento de la concentración de lactato en sangre, la cual alcanza su máximo valor solamente después de la competición, entre el 5 y 10 minuto de recuperación. Este retraso ocurre debido a que existe un desequilibrio entre la acumulación y la renovación del lactato en ejercicios de resistencia de duración corta y media.

Tabla 4.4 Delimitación de los tipos específicos de resistencia dinámica en función del tiempo del esfuerzo, intensidad de carga y vías energéticas.
 Readaptado de datos aportados por (Zintl, 1991, 90; Neumann, 1990, Neuman 1991

	RLD				RMD	RCD
	I	II	III	IV		
Duración de la carga	10-35 min	35-90 min	90 min-6h	> 6h	2-10 min	35 seg-2min
Intensidad de la carga	Submáxima	Submáxima	Mediana	Ligera	Máxima	Máxima
FC/min	180-190	175-190	150-180	120-170	190-210	185-200
% VO ₂ max	95-90	95-80	90-60	60-50	100-95	100
Lactato, mmol/l	10-14	6-8	4-5	>3	12.20	10-18
Consumo energético, Kcal (kJ/min)	28 120	25 105	20 80	18 75	45 190	60 250
KJ total	1.680-3.150	3.150-9.660	9.660-27.000	>27.000	445-1.680	380-460
Vía energética	Predominio aeróbico hasta totalmente aeróbica				Aeróbica/anaeróbica	Predominio anaeróbico
Anaeróbica-aeróbica	15:85	5:95	2:98	1:99	50:50 20:80	65:35 45:55
Alactáctida (%)	-	-	-	-	0-5	15-30
Lactáctida (%)	20-30	5-10	<5	<1	40-55	50
Aeróbica(HC) (%)	60-70	70-75	60-50	<40	40-60	20-35
Aeróbica (grasas) (%)	10	20	40-50	>60(75%)	-	-
Degradación de glucógeno, % de glucógeno muscular	40	60	80	95	20	10
Lipólisis, FFA (mmol/l)	0.80	1.0	2.0	2.5	0.50	0.50
Glicólisis, lactato (mmol/l)	14	8	4	2	20	18
Proteólisis, alanina (mmol/l)	400	350	250	200	500	500
urea (Δmmol/l)	1-2	2-3	3-6	4-8	1	0
Cortisol (μmol/l)	350	(300)	(400)	(500)	400	400
Sustrato energético principal	Glucógeno (muscular + hepático)	Glucógeno (muscular + hepático), grasas	Grasas + glucógeno	Grasas, proteínas	Glucógeno (muscular)	Glucógeno, fosfatos

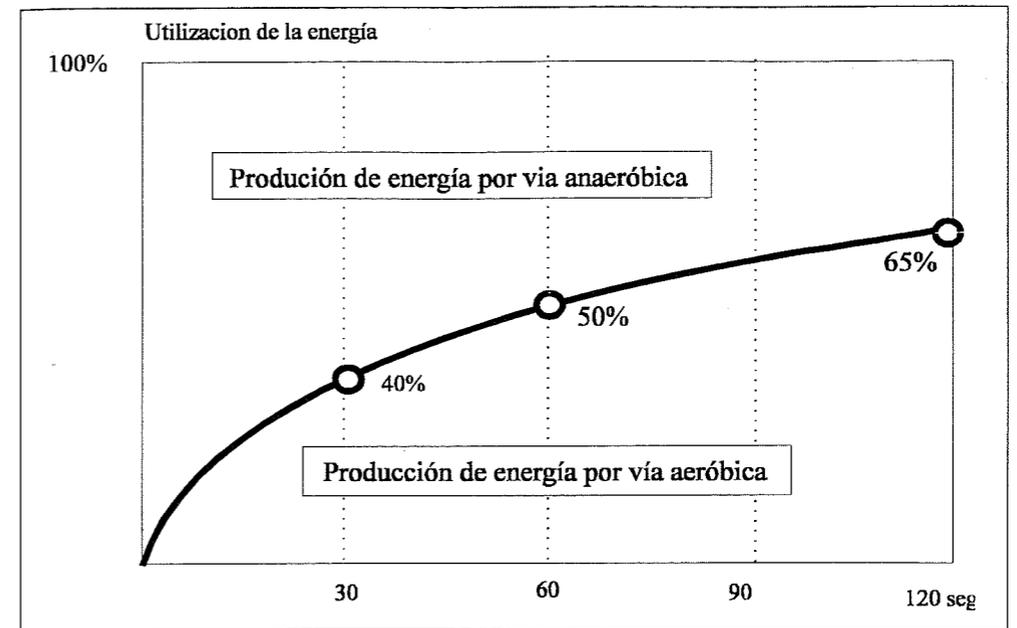


Figura 4.3. Utilización de la vía aeróbica y anaeróbica para la producción de energía para la prestación de RDC. El punto de conversión de las dos vías se produce al minuto de carga intensiva. Para una carga de una duración de aproximadamente 90, segundos la mayor parte de la energía viene producida por la vía aeróbica. Adaptado de Neuman 1991.

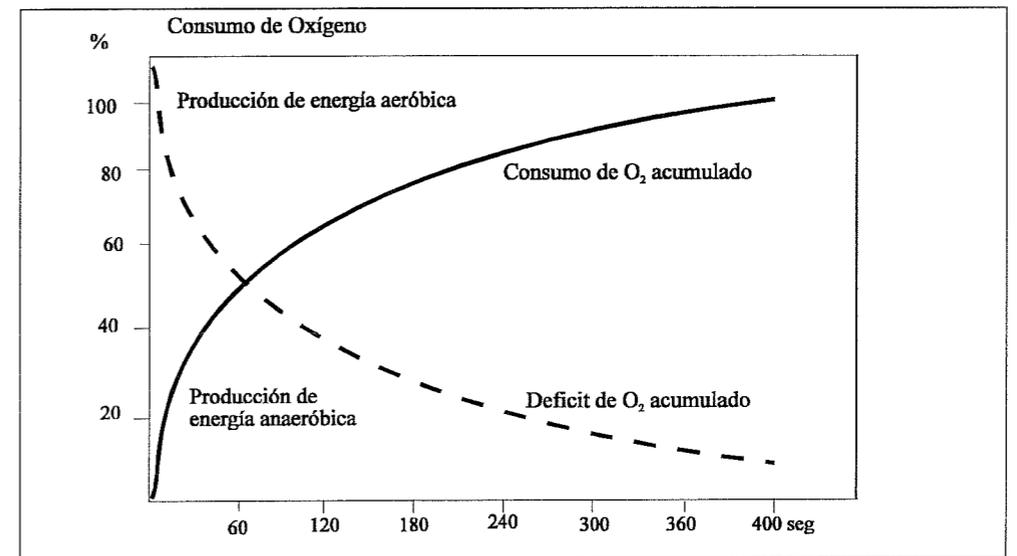


Figura 4.4. Porcentaje de la vía aeróbica y anaeróbica de la producción de energía con carga intensiva hasta una duración de 7 minutos. Investigación experimental sobre el consumo de O₂ y el déficit de O₂ según Medbo y Tabata (1989)

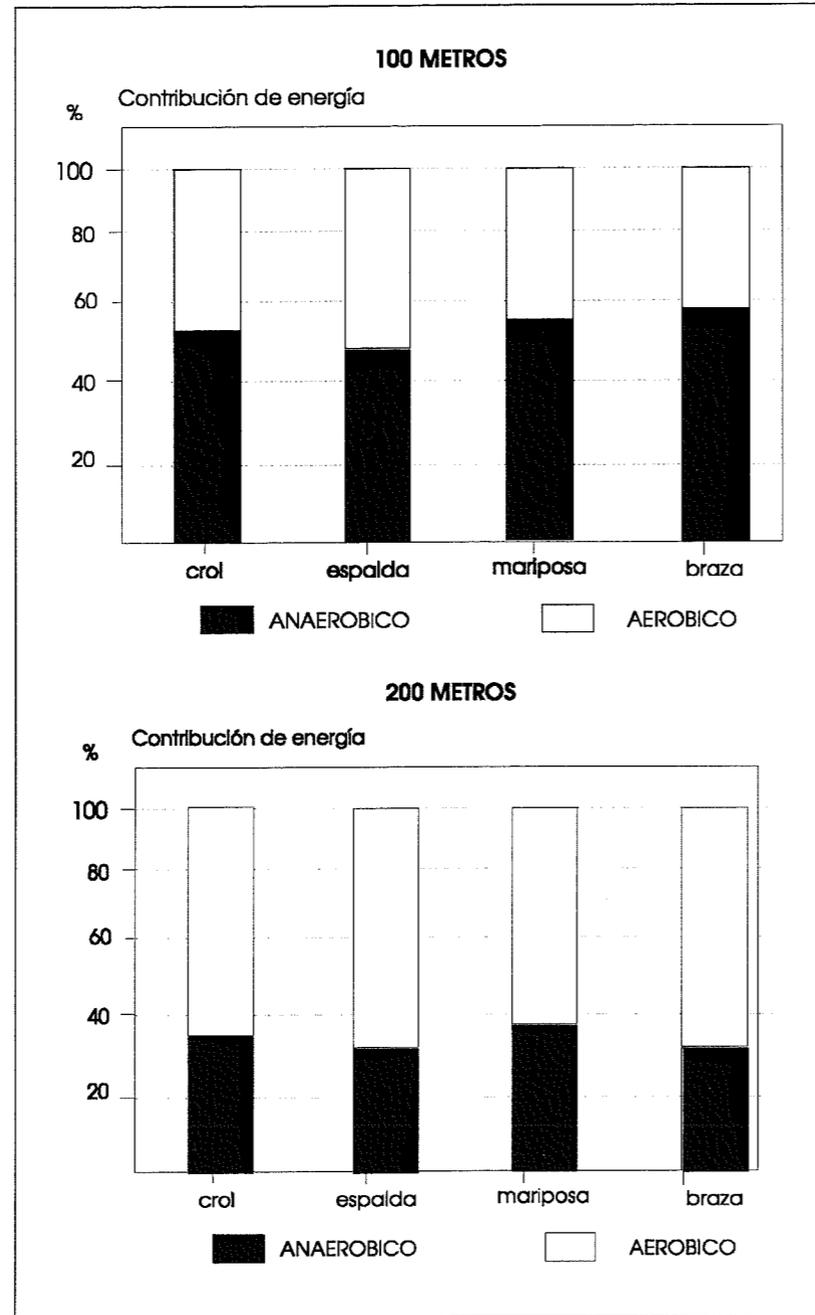


Figura 4.5. Contribución de energía en los 100 y 200 metros en cada estilo de nado. Adaptado de Troup (1991)

El entrenamiento de disciplinas de RDC es principalmente de carácter intensivo. Esto hace que la base de la prestación aeróbica de estos deportistas sea menor que en los de disciplinas de RDL (tablas 4.3, 4.4 y 4.5).

Tabla 4.3. Datos antropométricos y de adaptación del sistema funcional de ciclistas de la ex-DDR especialistas en distintas distancias. Datos citados por Neuman 1991)

Disciplina	n	Datos antropométricos		VO ₂ máx ml/min.kg	Prestación de esfuerzo por 500 m. (s)
		Peso (Kg)	Altura (cm)		
Velocista	5	88	1,82	64,0	34,2
1.000 m.	6	76	1,76	66,0	34,7
Persecución 4.000 m.	9	75	1,82	76,0	37,8
Carretera	20	72	1,79	78,0	40,0

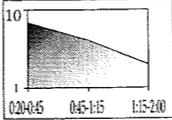
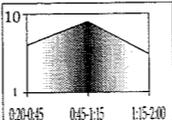
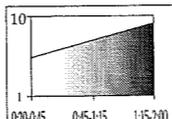
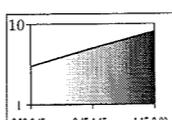
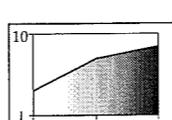
Tabla 4.4. Valores medios de parámetros de la célula muscular de ciclistas de la ex-DDR, con especial relevancia sobre los datos de las fibras. Según Pieper, citado por Neuman (1991)

Disciplina	VO ₂ máx ml/min.kg	ST %	FT %	Superficie (µm ²)	
				ST	FT
Velocista	64,0	65	35	9.000	13.500
1.000 m	66,0	72	28	8.500	12.000
Persecución 4.000 m	76,0	78	22	8.000	10.000
Carretera	78,0	80	20	7.000	8.000

Tabla 4.5. Actividad enzimática del músculo vasto lateral de ciclistas de la ex-DDR de pista y ruta. Citado por Neuman (1991)

Actividad enzimática (µmmol·s ⁻¹ ·m.kg)	Pista n = 12 Media ±D.S.	Ruta n = 19 Media ±D.S.	Diferencia p>
Glucógeno sintetasa	68±35	127±23	0,002
Fosfoglicerato quinasa	4.270±1000	2.900±800	0,001
Piruvato quinasa	2.880±800	1.750±360	0,001
Lactato deshidrogenasa	6.500±190	3.820±120	0,001
Citrato sintetasa	490±169	720±189	0,005

En resumen, se señalan como factores decisivos para el rendimiento de la RDC:

<p>1. <i>Capacidad de disponer de mucha energía por unidad de tiempo</i> por medio de un aumento de los depósitos de fosfatos, con mayor importancia en los esfuerzos de RDC más cortos (0:20-0:30) que en los más largos.</p>	
<p>2. <i>Capacidad de disponer de mucha energía por unidad de tiempo</i> por medio de un aumento de la actividad y cantidad de enzimas de la glucólisis anaeróbica (potencia glucolítica), con una mayor incidencia en los esfuerzos alrededor de los 45 segundos</p>	
<p>3. <i>Capacidad de amortiguación.</i> Es la capacidad de retrasar la hiperacidez a pesar de la continua producción de lactato. A medida que aumenta la duración del esfuerzo, aumenta la acidez por una mayor acumulación de lactato, siendo la capacidad de amortiguación más decisiva</p>	
<p>4. <i>Tolerancia al lactato.</i> El deportista de RDC necesita aumentar su capacidad para continuar con el trabajo muscular a pesar de la hiperacidez, siendo esta capacidad más importante en las duraciones de esfuerzo próximos a los 2 minutos, ya que las concentraciones de lactato en sangre serán más superiores que en los esfuerzos más cortos.</p>	
<p>5. <i>Potencia aeróbica.</i> La aportación de energía aeróbica juega un papel más relevante a partir del minuto de esfuerzo (potencia aeróbica). No obstante, es necesario disponer de una base suficiente que garantice la recuperación y la eliminación más rápida del lactato típica de estos esfuerzos de RDC (eficiencia aeróbica)</p>	
<p>6. <i>Capacidad de fuerza y velocidad.</i> Según el porcentaje de intervención de la fuerza o la velocidad en las disciplinas de RCD puede afectar de formas diversas al rendimiento, debido a la intervención específica de fibras FTG (Fibras rápidas glucolíticas) y FTO (Fibras rápidas oxidativas). Desciende su importancia con el aumento de la duración. Las manifestaciones de resistencia de velocidad, resistencia de fuerza máxima y resistencia de fuerza láctica tienen especial importancia en el rendimiento.</p>	

4.2. LA RESISTENCIA DE DURACION MEDIA (RDM)

4.2.1. LOS LIMITES TEMPORALES

La resistencia de duración media- RDM - abarca cargas superiores a 2 e inferiores a 10 minutos. Comprende pruebas como los 400 y los 800 metros de natación, los 1500 y 3000 metros en carrera, los 4000 en ciclismo, los 1000 y 2000 de canoa, los 3000 y 5000 metros de patinaje sobre ruedas.

4.2.2. DEMANDAS DE LOS SISTEMAS FUNCIONALES EN LOS ESFUERZOS DE RDM

4.2.2.1. El sistema motor

El rendimiento de RDM requiere una elevada activación del sistema nervioso central, que permite asimismo la actuación de un variado programa motor, que debe utilizarse durante la competición, sobre todo por razones tácticas (aceleración en la salida, uniformidad durante la prueba, variación de ritmo, sprint final, etc.). La probabilidad de disponer de una mayor capacidad de variar y transformar este programa motor depende del porcentaje de fibras musculares de contracción rápida.

Los deportistas más destacados en deportes de RDM tienen un 60-75% de fibras de contracción lenta (ST) y un 25-40% de fibras de contracción rápida (FT). Es obvio que la condición necesaria para poder lograr una elevada capacidad aeróbica es el dominio de las fibras ST que trabajan aeróbicamente y se contraen lentamente. Sin embargo, en ciertas actividades de RDM puede existir una mayor o menor incidencia de la «fuerza opuesta al avance» que puede influir sobre la hipertrofia de la fibra muscular. Tanto las fibras ST como las fibras FT en actividades de RDM tienen una superficie de sección mayor que los deportistas de RDL. El aumento del volumen de las fibras musculares está ligado a la reacción de adaptación ante la activación, tanto del metabolismo oxidativo como del glucolítico. El contenido del entrenamiento es condicionante para el cambio de la prestación a nivel celular. La tabla 4.6 muestra cómo una drástica intensificación del entrenamiento en un mediofondista conduce a un aumento del rendimiento anaeróbico y una disminución en el rendimiento aeróbico.

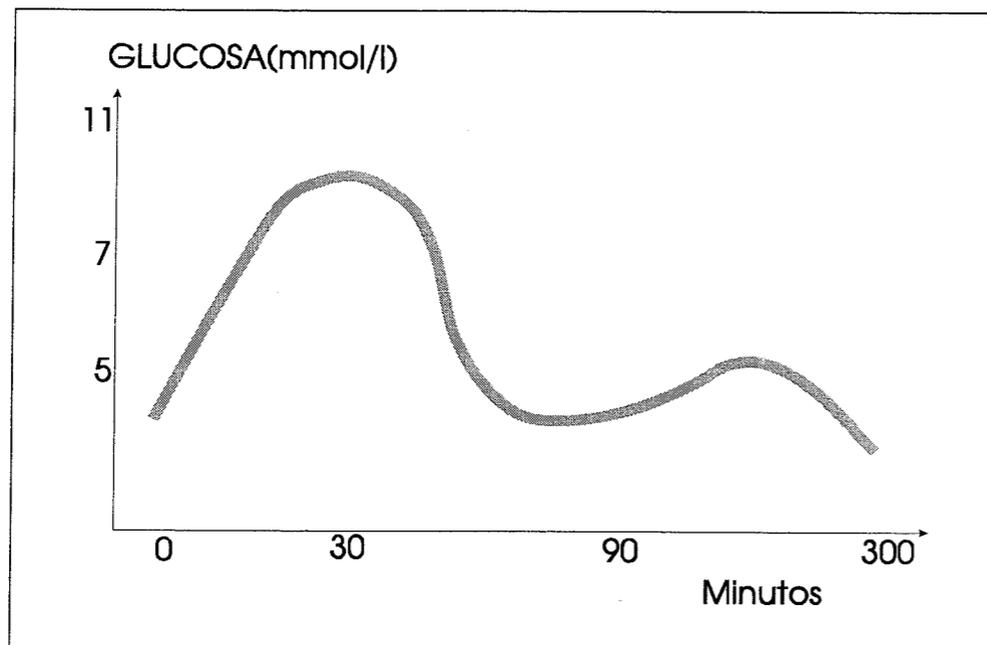
4.2.2.2. Bases energéticas del rendimiento

La prestación de la RDM viene garantizada principalmente por el creatinfosfato (CP) y el glucógeno. Por otro lado, puede utilizarse la glucosa de la sangre liberada de los depósitos de glucógeno del hígado (figura 4.6).

Tabla 4.6. Efecto de un entrenamiento sobre una distancia inferior a la de competición sobre características celulares del rendimiento y sobre el $VO_2\text{max}$ de un corredor de 1500 metros. Según Neuman (1991).

	Octubre	Marzo
Rendimiento metabólico de las fibras FT (%)		
• glucolítica	10	20
• oxidativa	15	3
Sección de la fibra muscular (μm^2)		
• ST	5 888	5 312
• FT	5 856	6 080
Actividad enzimática ($\mu\text{mol/s}\cdot\text{KgFG}$)		
• Citrato sintetasa (oxidativo)	700	430
• Fosfoglicerato quinasa (glucolítico)	2 500	3 650
• $VO_2\text{max}$ (ml/Kg/min)	71,0	67,0

Figura 4.6. Máxima concentración de glucosa en sangre liberada después de cargas de resistencia (mmol/l). Los valores menos elevados de glucosa después de cargas de duraciones superiores a la hora permiten afirmar que existe una disminución de la reserva de glucógeno. Adaptado de Neuman (1987).



Originariamente, en el área de la RDM se postulaba un cambio imprevisto del metabolismo en cargas superiores a los 5 minutos (figura 4.7). Sin embargo, estudios recientes han demostrado que este cambio repentino ya es posible después de cargas de duración de 1 minuto (con anterioridad hemos expresado esta opinión en la resistencia de duración corta).

Seguramente, la creciente intensidad de la carga, el calentamiento intensivo previo a la competición y la capacidad de prestación aeróbica más elevada han favorecido este fenómeno. De este modo, la participación de la producción de energía de la vía aeróbica garantiza la prestación del 80%. En remo y piragüismo existe disponible un buen bagaje de investigación sobre el porcentaje de suministro energético. Según Hangerman y colaboradores (1978) el metabolismo aeróbico actúa al menos un 70%. Roth y colaboradores (1983) han profundizado posteriormente en esta duración de 7 minutos, determinando que el porcentaje anaeróbico es el 20% alactácido y el 10% lactácido en remo.

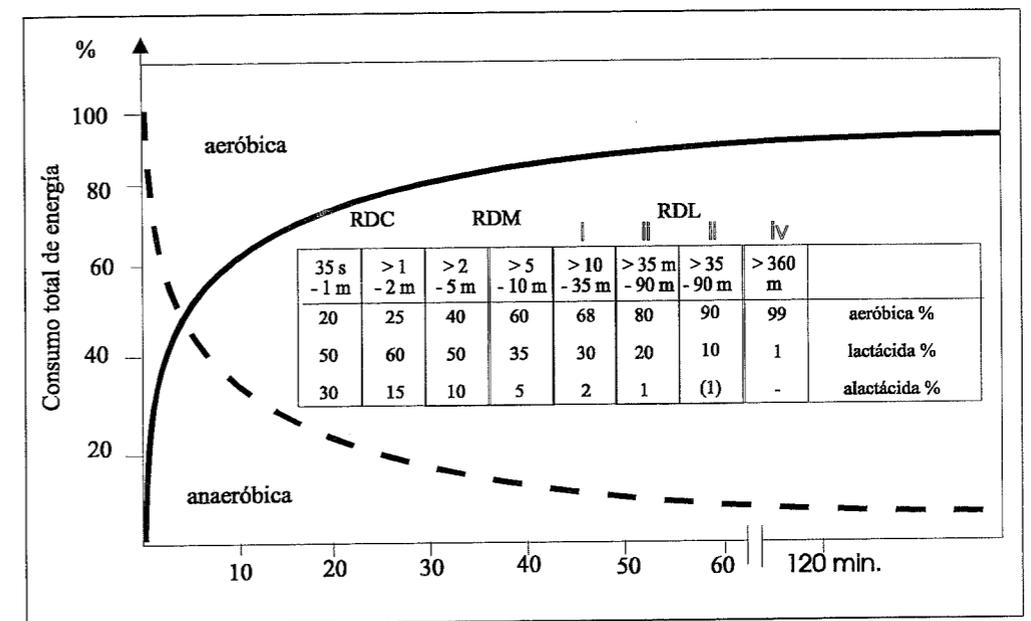


Figura 4.7. Porcentaje medio de suministro energético aeróbico-anaeróbico (lactácido y alactácido) en carga de resistencia. Adaptado de Neuman (1987).

La determinación de la concentración de lactato en la valoración energética de la RDM ofrece información, por un lado, de la intervención de la vía anaeróbica lactácida durante la carga, y del otro, sobre el nivel de trabajo aeróbico.

Si se mejora el nivel de trabajo aeróbico, se acumulará menos lactato durante la carga. No obstante, una característica de todo rendimiento intensivo en el sector de la

RDM es que, aún con un nivel aeróbico elevado, se puede utilizar a un nivel óptimo o máximo todas las vías de producción de energía, tanto láctica como alactáida.

Lo que regula el grado de utilización del metabolismo glucolítico es el lactato producido y la elevada acidosis que ello provoca en la sangre. La concentración de lactato a nivel intramuscular no debe superar los 30 mmol/g aproximadamente, debido a que provoca una caída del pH a cerca de 6,3, inhibe la fosfofructoquinasa (PFK), interrumpiendo la regeneración de ATP y causando una brusca disminución del rendimiento. De ahí que el rendimiento de la RDM se realice siempre en el borde de la máxima producción de energía por la unidad de tiempo por un lado y la máxima potencia propulsiva (rendimiento deportivo específico) posible por otro (Neuman, 1991).

En el rendimiento de la RDM, el suministro de energía va de 120 a 180 kJ/min. Si se utilizan ambas vías metabólicas (aeróbica y anaeróbica) en cargas de duración de 2 minutos, sería posible obtener 200 kJ de energía (Neuman, 1991).

Una investigación sobre remo llevada a cabo sobre un modelo, bajo el supuesto de un grado de eficiencia de un 20% y un consumo de oxígeno de 5 l/min, ha mostrado una producción de energía de $162,5 \pm 11,5$ kJ/min. Este elevado suministro de energía se puede mantener durante 6 minutos (Roth, Hasart et al. 1983).

En el rendimiento de la RDM, la concentración de lactato crece hasta aproximadamente 20 mmol/l. En algunas especialidades deportivas de RDM se debe tener en cuenta, asimismo, que para la aceleración de la salida, los cambios de ritmo a lo largo de la prueba y el sprint final es necesario un nivel elevado del metabolismo alactácido y láctico, además de la capacidad aeróbica para sostener un elevado ritmo medio de esfuerzo durante toda la actividad.

También se debe tener en cuenta la alta variabilidad de predominios energéticos desde los 2 minutos hasta los 10 minutos (véase tabla 4.2), aparte de las diferencias en función de las cargas específicas de cada modalidad deportiva y nivel de entrenamiento (figura 4.8). En los deportistas de baja capacidad de rendimiento es mayor la contribución del metabolismo aeróbico.

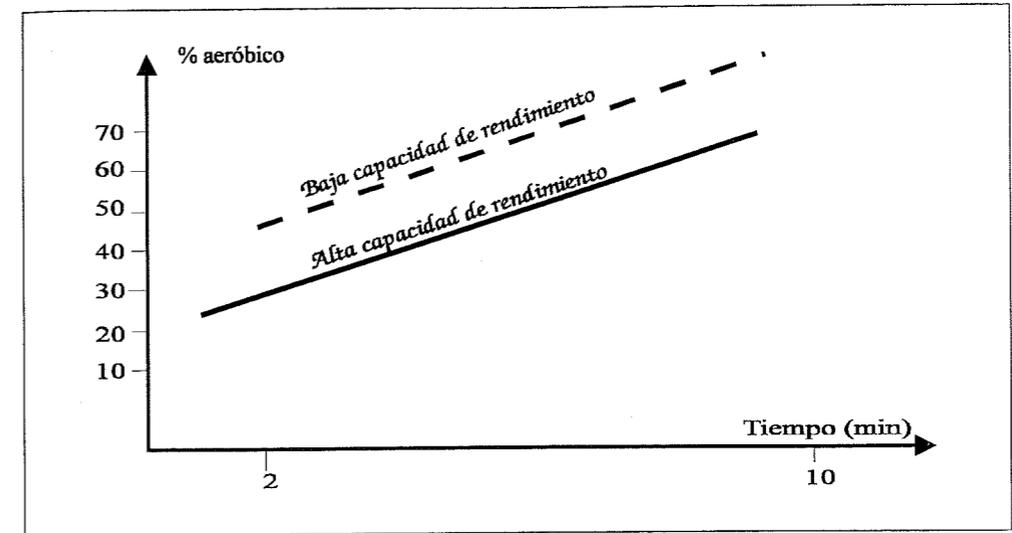


Figura 4.8 Contribución del sistema aeróbico (%) para asegurar un rendimiento en deportistas con baja capacidad de rendimiento (no entrenados) y con alta capacidad de rendimiento (entrenados) Adaptado de Badtke (1987).

Desde la perspectiva de la producción de energía (tabla 4.1.5 y figura 1.12), la RDM puede abarcar las siguientes metas fisiológicas:

2:00-3:00 min	Potencia aeróbica
2:00-10:00 min	Capacidad aeróbica
10:00 min	Eficiencia aeróbica

4.2.2.3. Bases cardiovasculares del rendimiento

Como se muestra en la tabla 4.2, el sistema cardiocirculatorio se solicita al máximo de su posibilidad funcional, en lo que respecta al VO_2 máx en rendimientos de RMD, debe utilizarse al 100% sobre los 6 minutos para garantizar la prestación.

Desde el punto de vista del entrenamiento, las cargas de entrenamiento o competitivas dentro del sector de la RMD son idóneas para la mejora del VO_2 máx en todas las especialidades de resistencia.

En resumen, se señalan como **factores decisivos** para el rendimiento de la RMD:

<p>1. <i>Capacidad aeróbica.</i> El VO_2 máx se emplea plenamente siendo más significativo el porcentaje del transporte de oxígeno (volumen minuto cardíaco) que el aprovechamiento de oxígeno en los músculos</p>	
<p>2. <i>Tolerancia al lactato</i> (capacidad glucolítica) más relevante que la capacidad de producir mucho lactato (potencia glucolítica), ya que la glucólisis al 100% no se puede mantener más de 4 min.</p>	
<p>3. <i>El glucógeno muscular</i> es el sustrato principalmente utilizado para producir la energía aeróbica y anaeróbica necesaria para este tipo de esfuerzo. Aunque no se agota del todo debido al poco margen de tiempo, sus reservas empiezan a ser bastante importantes cuando se acercan a los 10 minutos</p>	
<p>4. <i>Capacidad de fuerza y velocidad.</i> Aunque en menor proporción que en la RDC, mantienen una presencia importante. Continúa descendiendo su importancia con el aumento de la duración. Las manifestaciones de resistencia de velocidad, resistencia de fuerza láctica y resistencia de fuerza aeróbica (en duraciones próximas a los 10 min.) tienen especial importancia en el rendimiento.</p>	

4.3. RESISTENCIA DE LARGA DURACION (RLD I)

4.3.1. LIMITES TEMPORALES

La RLD I se extiende entre una duración de carga que va desde los 10 minutos hasta los 35 minutos.

Como especialidades características de RLD I se encuentran los 5 000 y 10 000 metros en carrera, los 1 500 metros en natación, los 10 Km y 30 Km en ciclismo, 10 000 metros en patinaje sobre ruedas, y los 5 y 10 Km de esquí de fondo.

4.3.2. DEMANDAS DE LOS SISTEMAS FUNCIONALES EN LOS ESFUERZOS DE RLD I

4.3.2.1. El sistema motor

Los deportistas de alto nivel que destacan en el sector de la RLD I muestran un *predominio elevado de fibras ST* (de contracción lenta) del 60 al 70%. La distribución de las fibras viene fijada genéticamente y prácticamente no puede modificarse con el entrenamiento, pero sí puede serlo la cualidad metabólica. Sobre todo, las fibras FT sujetas a la acción del entrenamiento pueden adaptarse en sentido oxidativo (FTO) o glucolítico (FTG). El tipo de entrenamiento que se aplique determina la dirección de la adaptación. La posible transformación del perfil funcional de la fibra intermedia (fibra del tipo II C o fibra ST/FT) supone aproximadamente el 5% del potencial de las fibras del músculo. Según afirma Howald (1989), las fibras ST/FT se transforman en fibras ST con un entrenamiento de resistencia y con un entrenamiento de velocidad en fibras FTO. La transformación estructural de la fibra muscular a nivel molecular sólo está claramente demostrada a través de electroestimulación (EMS) o con experimentos de modificación cruzada de la activación nerviosa llevada a cabo con animales.

4.3.2.2. Bases energéticas del rendimiento

El principal sustrato energético en la RLD I es el *glucógeno muscular y el extramuscular* (hígado). Dado que la carga intensiva de la RLD I requiere de 400 a 750 kcal (de 1680 a 3150 kJ), no se exige en ningún caso la utilización total de las reservas de glucógeno o la supercompensación total del glucógeno (tabla 4.2). La reserva de glucógeno permite proveer alrededor de 2000 kcal de energía (8000 kJ) por lo que en este tipo de carga se viene a emplear cerca de un tercio. La energía utilizada por unidad de tiempo es elevada y alcanza alrededor de 30 kcal/min (130 kJ/min).

En este tipo de resistencia la producción de energía se sostiene mayoritariamente por el *metabolismo aeróbico* que cubre cerca del 70% de la energía. En cargas en torno a la media hora, se aproxima al 80% (estos valores se refieren a cargas de máxima intensidad).

Sin embargo, una elevada base aeróbica no debe considerarse suficiente para alcanzar un resultado de alto nivel, ya que es necesario de un 20 a un 25% de *metabolismo anaeróbico* para la aceleración (cambios de ritmo, sprint final). En algunas cargas de resistencia, el porcentaje del metabolismo anaeróbico en la producción de energía puede verse influenciado por ciertas circunstancias como, por ejemplo, el tipo de superficie en el patinaje sobre ruedas o esquí de fondo. Si aumenta la *frecuencia del movimiento* aumenta también el porcentaje de la glucólisis, es decir la formación de lactato (Navarro, 1996).

Con el aumento porcentual del metabolismo anaeróbico en la producción de energía, aumenta la concentración de lactato. Con independencia de la modalidad considerada, con una carga intensiva dentro del sector de la RDL, se debe calcular que se alcanza una concentración media de lactato de 10 a 14 mmol/l (Figura 4.9)

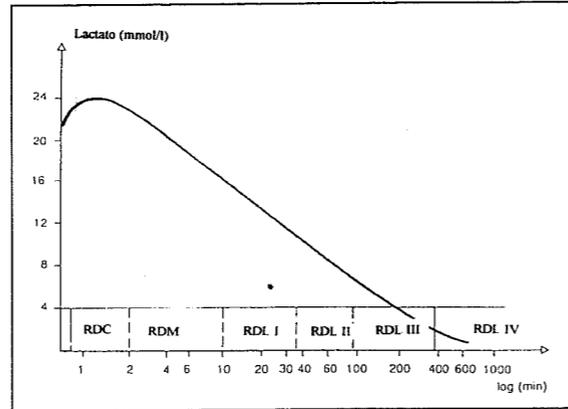


Figura 4.9 Máxima concentración posible de lactato en pruebas de resistencia de distinta duración (valores medios) relacionados con deportistas de alto nivel. Según Neuman (1990)

Así pues, un deportista que realice un notable sprint final puede alcanzar un aumento añadido de lactato de 3 a 5 mmol/l.

Cuando la concentración de lactato supera los 7 mmol/l se activa la acción antilipolítica del lactato (inhibición del metabolismo lipídico) (Figura 4.10). Por ello, el sustrato principal son los carbohidratos, siendo indiferente si la degradación proviene de la vía aeróbica o anaeróbica.

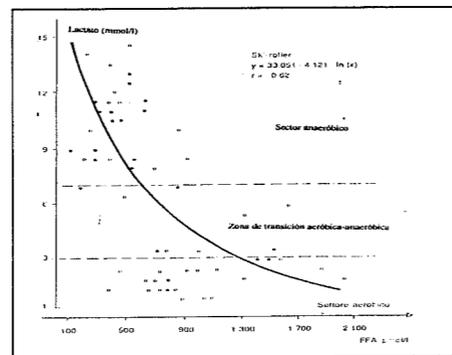


Figura 4.10. Registros de las concentraciones de ácidos grasos libres y lactato durante el entrenamiento estival de esquiadores de fondo de nivel internacional. Cuando la concentración de lactato supera los 7 mmol/l se activa la acción antilipolítica del lactato. Según Neuman (1990)

Desde la perspectiva de la producción de energía (tabla 1.5 y figura 1.12), la RDL abarca principalmente las siguientes metas fisiológicas.

10:00-20:00 min
20:00-35:00 min

Capacidad aeróbica
Eficiencia aeróbica

4.3.2.3. Bases cardiovasculares del rendimiento

El sistema cardiocirculatorio es solicitado en un nivel elevado. La frecuencia cardíaca alcanza de 185 a 200 pulsaciones/minuto. En la carga más intensiva de la RDL I, el VO_2 máx es solicitado del 90 al 95%. Una sollicitación del 100% sólo es posible para un período de 5 a 7 minutos y presupone un nivel elevado de entrenamiento.

En el sector superior de la RDL I empieza a adquirir importancia, además del VO_2 máx, el nivel de umbral anaeróbico (UAN). Siempre que ya no se pueda aplicar el VO_2 máx al 100% a lo largo de todo el tiempo de la carga, incide en el rendimiento final el hecho de que se pueda aprovechar un elevado porcentaje del VO_2 máx.

En resumen, se señalan como factores decisivos para el rendimiento de la RDL I:

1. Capacidad aeróbica. EL esfuerzo se puede mantener con un porcentaje elevado del VO_2 máx (90-95%) por lo que es importante disponer de una buena capacidad aeróbica. En las duraciones más cortas es más importante. A medida que se alarga la duración se va complementando con la necesidad de un mejor nivel de umbral anaeróbico.	
2. Nivel de umbral anaeróbico, especialmente en la proximidad a los 35 minutos de los esfuerzos característicos de la RDL I.	
3. Tolerancia al lactato (capacidad glucolítica) con valores medios (de 12-15 mM/l en duraciones inferiores a 15 minutos hasta 7-8 mM/l en duraciones hasta 35 minutos)	
4. El glucógeno continúa siendo el sustrato principalmente utilizado para producir la energía aeróbica y anaeróbica necesaria para este tipo de esfuerzo (90%). Sus reservas llegan a casi agotarse al final de los 35 minutos	
5. Capacidad de fuerza y velocidad. Su importancia relativa es ya muy reducida, pero con cierto protagonismo en las duraciones cortas. La resistencia de fuerza mixta y la resistencia de fuerza aeróbica tiene especial importancia en el rendimiento.	

4.4. RESISTENCIA DE DURACION LARGA II (RDL II)

4.4.1. LIMITES TEMPORALES

Abarca cargas de 35 a 90 minutos de duración. Se encuentran en estos límites temporales los 20 Km marcha, los 10 000 de remo, las carreras ciclistas de 30 a 60 Km, las carreras de 20 a 30 Km, las pruebas de 15 a 30 Km de esquí de fondo, 5 Km de natación, etc.

4.4.2. DEMANDAS DE LOS SISTEMAS FUNCIONALES EN LOS ESFUERZOS DE RDL II

4.4.2.1. El sistema motor

En la RDL II destacan los deportistas con predominancia de fibras de contracción lenta (ST). El porcentaje de fibras ST va del 70 al 80%, pero también logran éxito deportistas con un elevado porcentaje de fibras FT (sobre el 40%) que obtienen la velocidad de forma notable a través de la frecuencia de movimientos. Por otro lado, un elevado porcentaje de fibras FT permite mayores variaciones de velocidad.

Pero la condición necesaria para la utilización de las fibras FT en el programa motor de la RDL II es su adaptación metabólica para producir energía por la vía oxidativa. Un entrenamiento extensivo de resistencia desplaza del ámbito glucolítico al oxidativo la relación entre las fibras FTG (rápidas glucolíticas) y FTO (rápidas oxidativas).

4.4.2.2. Bases energéticas del rendimiento

Las reservas de glucógeno siguen siendo suficientes para asegurar la energía necesaria en cargas del tipo de la RDL II. Aumentando la duración de la carga aumenta la depleción de glucógeno, tanto en el músculo como en el hígado (Figura 4.6). Una expresión de este fenómeno es la reducción de la concentración de lactato y de glucosa tras el esfuerzo solicitado en competición (Figura 4.11)

Ante la mayor duración de las cargas de RDL II, aumenta el consumo energético que pasa de 750 a 2300 kcal (3200 - 10000 kJ). En las cargas intensivas de duraciones superiores a los 60 minutos se utilizan como valor medio aproximadamente 25 kcal/min (105 kJ/min). El porcentaje de grasas para la producción de energía depende de la intensidad de la carga y de la concepción metodológica del entrenamiento. En la contribución energética total domina la depleción aeróbica de los carbohidratos y de las grasas, con un porcentaje del 80 al 90%. La adquisición de energía del glucógeno

es predominante, ya que los ácidos grasos aportan sólo el 20 % aproximadamente de la energía aeróbica.

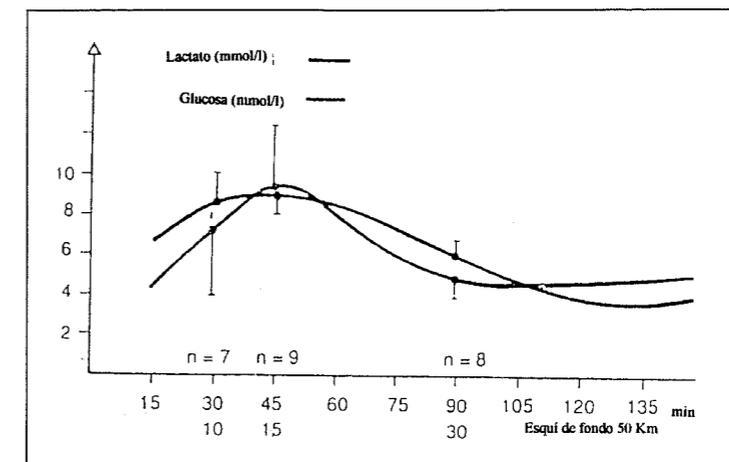


Figura 4.11. Dinámica de la concentración de glucosa y de lactato en competición de esquí de fondo de distinta distancia. Después de 90 minutos de carga se observa una notable disminución de la concentración de estos parámetros por carencia de glucógeno.

Según Neuman (1990)

La producción de energía por vía anaeróbica es importante para las situaciones tácticas (sprints). Con cargas intensas de duración en torno a los 90 minutos, la reserva de glucógeno disponible tiene una posición clave. La degradación aeróbica del glucógeno permite una elevada utilización de la energía por unidad de tiempo, que disminuye bruscamente cuando intervienen los ácidos grasos. Una falta de glucógeno conduce a una disminución anticipada de la velocidad y una reducción de la glucólisis en el metabolismo.

Si después de aproximadamente una hora (disminución de glucógeno), todavía se mantienen intensidades por encima del umbral anaeróbico, el organismo se abastecerá de una mayor gluconeogénesis (producción de glucosa en base a aminoácidos procedentes de la disociación de las proteínas), en vez de incrementar la oxidación de las grasas. Todo esto ocurre sólo en deportistas entrenados y con la actividad de hormonas de la corteza suprarrenal y de la glándula tiroidea, como por ejemplo el cortisol y la tiroxina.

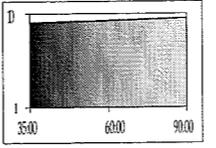
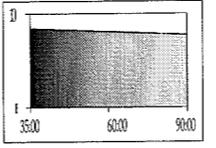
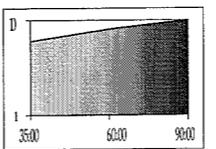
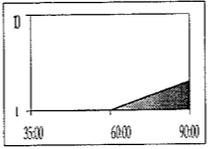
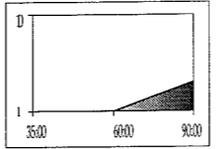
El entrenamiento de la RDL II en los límites de la duración más larga y lenta produce una adaptación metabólica de los lípidos y disminuirá la degradación de carbohidratos. Sin embargo, en el entrenamiento de la RDL II en los límites de la duración más intensa y más corta de la RDL II, el porcentaje de los ácidos grasos en la producción total de energía disminuye al 20%.

Con independencia de la degradación aeróbica del glucógeno y de los ácidos grasos, la producción de energía de la vía anaeróbica puede llegar a utilizarse en cualquier momento. La capacidad glucolítica de la musculatura en la prestación de la RLD II es todavía notable. Lo demuestra la elevada concentración de lactato durante el esfuerzo donde es posible un aumento de lactato en sangre hasta los 10 mmol/l.

4.4.2.3. Bases cardiovasculares del rendimiento

El porcentaje de sollicitación del VO_2 max es del 85 al 90%. La frecuencia cardíaca va de 180 a 190 pulsaciones/minuto. Para obtener un alto resultado deportivo en estos límites temporales es necesario un VO_2 máx de 75 a 80 ml/min/kg. El VO_2 máx y los correspondientes umbrales elevados (80-85% del VO_2 max) avalan la importancia de estos dos factores en el rendimiento de la RDL II en comparación con la RDL I.

En resumen, se señalan como factores decisivos para el rendimiento de la RDL II:

1. Nivel de umbral anaeróbico, especialmente relevante para mantener un porcentaje elevado VO_2 max sin acumular lactato (80-85%) para sostener un ritmo medio elevado de velocidad.	
2. Capacidad aeróbica. En la medida que el VO_2 max es elevado, favorecerá una mayor utilización de oxígeno en condiciones de umbral anaeróbico.	
3. El glucógeno muscular y hepático se movilizan totalmente por lo que el aumento de los depósitos es de suma importancia para que no afecte a este tipo de esfuerzo de resistencia.	
4. Movilización de las grasas. El porcentaje de oxidación de las grasas para producir energía aeróbica puede llegar hasta un 20%, trabajando a un 80% del VO_2 máx en esfuerzos de más de una hora.	
5. Termoregulación. En condiciones de excesivo calor, puede afectar las duraciones próximas a los 90 minutos.	

4.5. RESISTENCIA DE LARGA DURACION III (RDL III)

4.5.1. LÍMITES TEMPORALES

Abarca cargas de los 90 minutos a las 6 horas de duración. Se encuentran en estos límites temporales la carrera de maratón, las pruebas de ciclismo en carretera de 60 a 300 KM, 100 Km por equipos, los 30 Km y 60 Km de esquí de fondo, los 50 Km de marcha, el triatlón medio, los 25 Km de natación etc.

4.5.2. DEMANDAS DE LOS SISTEMAS FUNCIONALES EN LOS ESFUERZOS DE RDL III

4.5.2.1. El sistema motor

Destacan los deportistas con un porcentaje del 75 al 90% de fibras lentas, decisivas para la elevada capacidad aeróbica necesaria en este tipo de resistencia y para la resistencia a la fatiga con el fin de producir una técnica motora estable.

4.5.2.2. Bases cardiovasculares del rendimiento

El criterio cualitativo de la capacidad de resistencia de larga duración llega a ser la continua y elevada utilización de oxígeno en la musculatura activada. Son factores decisivos para ello un alto VO_2 max y una elevada capilarización de la musculatura implicada en el movimiento específico. El VO_2 max es el índice del oxígeno disponible durante la carga en los mejores deportistas de la RDL III y va de 75 a 85 ml/kg/min (un deportista con un consumo de oxígeno de 5,6 litros y 70 kg de masa corporal y una sollicitación del 70% del VO_2 max puede consumir 3,92 litros de VO_2 ó 56 ml/kg/min de VO_2). Un indicio de la adaptación a la producción de energía por vía aeróbica en la carga de larga duración es que el VO_2 max puede ser utilizado *hasta casi el 95%* sin que se forme lactato (umbral anaeróbico).

La regulación del trabajo cardíaco se desplaza significativamente del parámetro «frecuencia» al de la «capacidad sistólica» por lo que el corazón trabaja de forma más económica. La frecuencia cardíaca se expresa en un nivel medio entre 140 a 170 pulsaciones/minuto.

El aumento de la temperatura del cuerpo puede incrementar la frecuencia cardíaca. El transporte calórico a través de la sangre hasta la piel puede requerir hasta el

75% de la totalidad del rendimiento cardiovascular, lo que produce un efecto negativo sobre la oxidación de los músculos implicados en la actividad. Para conservar la temperatura interna del cuerpo (termorregulación), se producen enormes pérdidas de sudor (3.5 litros), lo que interfiere notablemente en el balance acuático y electrolítico del organismo y que vuelve a restringir el rendimiento. Las pérdidas de agua implican una mayor viscosidad de la sangre y las pérdidas de electrolitos (especialmente sodio, cloro, potasio y magnesio) perjudican las funciones de conducción nerviosa y de los músculos.

Por ello se considera indispensable el suministro de líquidos y electrolitos (sobre todo cloruro sódico) durante las cargas prolongadas, si bien los entrenados en la RDL II muestran una buena adaptación a estos factores limitantes.

4.5.2.3. Bases energéticas del rendimiento

Los depósitos de glucógeno en los músculos e hígado no son suficientes para esfuerzos intensivos que duran más de 90 minutos. De ahí que sea necesario, además de la ingestión de líquidos, a la que ya nos hemos referido, la ingestión de alimentos. En los esfuerzos de RDL III los ácidos grasos son el principal sustrato.

En ciclistas de carretera el contenido de triglicerol en el músculo es elevado. El contenido de triglicerol sirve como una reserva de grasa estable. Los deportistas de RDL III y VI almacenan más grasa en las fibras lentas ST.

La gran diferencia de duración que hay en estos límites temporales de la carga de RDL III hace que oscile el consumo global de energía de 2 300 kcal (9 600 kJ) a cerca de 7 200 kcal (32 240 kJ). Para el cálculo de la conversión se estima que con un consumo de oxígeno de 3 l/m se liberan cerca de 15 kcal/min y con 4 l/m, 20 kcal/min. De esta energía, alrededor del 25% es utilizado para el trabajo muscular mientras que el porcentaje más elevado, el 75%, es para la liberación del calor.

La prestación en los límites de la RDL III se produce a través del 95% de la vía aeróbica. Un maratoniano «rápido» con sprint final puede reflejar de 3 a 5 mmol/l de lactato. La experiencia de los deportistas evitan cualquier aceleración de ritmo durante el esfuerzo ya que la glucólisis más leve altera el metabolismo aeróbico.

Los ácidos grasos participan en la producción de energía en un porcentaje que va del 30 al 50%, pudiendo llegar incluso al 50-70% en las duraciones más largas debido a su elevado valor calórico.

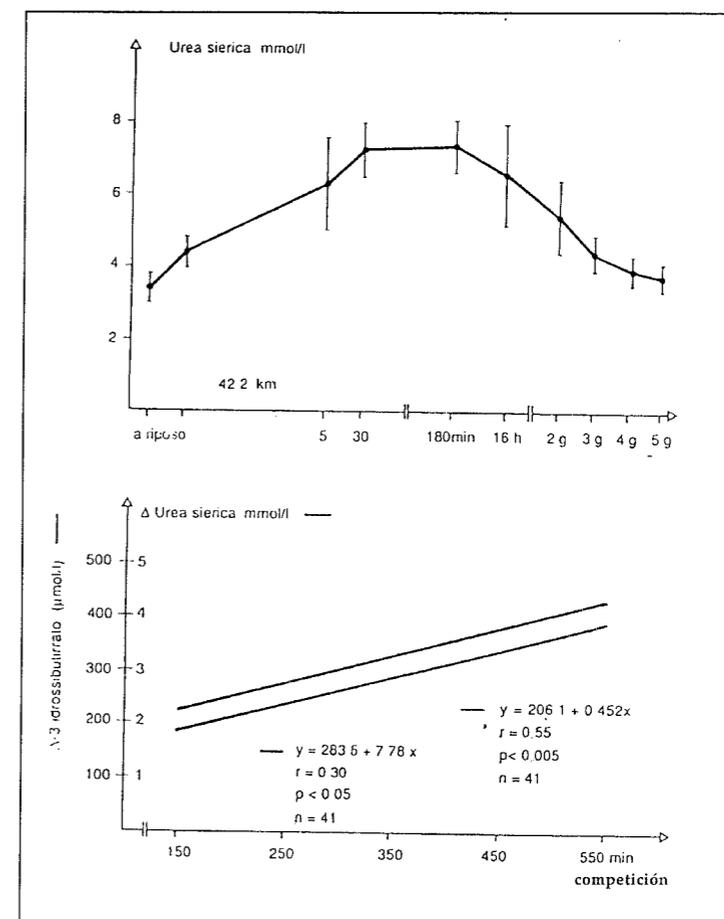
El déficit de carbohidratos puede compensarse solo en parte con el consumo de glucosa. La toma de 30 a 50 gramos de glucosa por hora de carga sirven para mantener la homeostásis de la glucosa. Sin embargo, debido a la limitación de la absorción intestinal, este aporte de glucosa no es suficiente.

Un mecanismo importante de la compensación es la gluconeogénesis que se evidencia en el notable aumento del cortisol, en la disminución de un aminoácido, la alanina, y el fuerte aumento de la urea sérica.

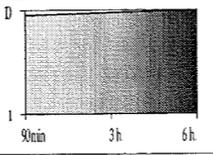
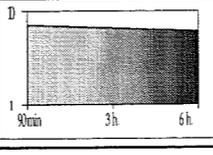
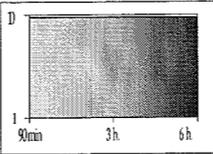
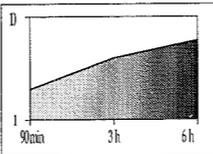
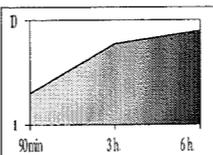
El aumento de la urea sérica en la carga de la RDL III es un índice del aumento del metabolismo protéico. A mayor duración del ejercicio mayor es el aumento de la urea sérica (tabla 4.2 y figura 4.12).

También se ha observado el incremento de la concentración de cuerpos cetónicos ante el aumento del metabolismo de las grasas debido a la disminución de la disponibilidad de los carbohidratos (Figura 4.12).

Figura 4.12. Comportamiento de la urea sérica en un maratón. La concentración inicial se alcanza en la cuarta jornada después de la prueba. También se representan los datos del aumento de la urea y de una cetona y la duración de la prueba de resistencia de larga duración (carrera). Según Neuman (1990)



En resumen, se señalan como factores decisivos para el rendimiento de la RLD III:

<p>1. Nivel de umbral anaeróbico, incluso más elevado que en la RDL II (85-91% del VO_2máx) para sostener un ritmo medio elevado de velocidad con concentraciones de lactato entre 2-3 mM/l.</p>	
<p>2. Capacidad aeróbica. En la medida que el VO_2máx es elevado, favorecerá una mayor utilización de oxígeno en condiciones de umbral anaeróbico.</p>	
<p>3. El glucógeno muscular y hepático se agotan totalmente por lo que la ingestión de hidratos de carbono durante el esfuerzo es conveniente para mantener una intensidad más elevada.</p>	
<p>4. Movilización de las grasas y proteínas. El porcentaje de oxidación de las grasas para producir energía aeróbica puede alcanzar de un 30 a un 70%. La aportación energética mediante la disociación proteica puede alcanzar hasta el 10% en los esfuerzos más largos.</p>	
<p>5. Termoregulación. Para regular la temperatura interna y mantener las funciones de conducción nerviosa y de los músculos es necesario suministrar líquidos para evitar las pérdidas por la transpiración (3-5 litros) y electrolitos (Na+, Cl-, H+ Mg).</p>	

4.6. RESISTENCIA DE LARGA DURACION IV (RDL IV)

4.6.1. LÍMITES TEMPORALES

Abarca cargas superiores a las 6 horas de duración. Se encuentran en estos límites temporales las carreras de 100 y 200 Km, la carrera de las 24 horas, las distancias de 250 a 350 km en vueltas ciclistas, el triatlón, las pruebas de 25 km. de natación, etc.

4.6.2. DEMANDAS DE LOS SISTEMAS FUNCIONALES EN LOS ESFUERZOS DE RDL IV

4.6.2.1. El sistema motor

Los mejores deportistas tienen un porcentaje elevado de fibras ST (por encima del 80%). Una base importante para este tipo de prestación es que el músculo esté adaptado para utilizar principalmente ácidos grasos y que se encuentre inmediatamente disponible este sustrato energético.

4.6.2.2. Bases energéticas del rendimiento

En la aportación de energía interviene el metabolismo lipídico casi de forma total y requiere necesariamente un aporte continuo de líquidos y sustancias nutritivas. Porcentajes de grasa del 70-80% sólo son posibles degradando muchísimo el glucógeno muscular y hepático. Exámenes de biopsia han mostrado una fuerte disminución de la reserva lipídica después de una carrera de 100 Km (Oberholzer et al., 1963; citado por Neuman, 1990).

La energía procedente de las proteínas (gluconeogénesis) alcanza su actividad máxima, lo que se demuestra en los valores de urea tan elevados que se encuentran tras este tipo de esfuerzo.

El desarrollo de los movimientos que duran varias horas es monótono y viene regulado a nivel de la motricidad espinal. La interrupción del esfuerzo es causado principalmente por el fenómeno de sobrecarga a nivel del sistema motor («rampas» musculares, dolores tendinosos, etc.). En este sentido, la tolerancia al esfuerzo de los tejidos ligamentosos y tendinosos implicados es importante.

Globalmente, el metabolismo se caracteriza por un notable catabolismo, evidenciado por un notable aumento de la concentración de cortisol. El cortisol produce un suplemento de los tres tipos de sustratos energéticos (y su aumento) por medio de las tres vías metabólicas principales. Es decir, estimula la lipólisis, la proteólisis y la gluconeogénesis.

La regulación del metabolismo pasa por el mantenimiento de la tasa de glucosa en la sangre. En cuanto supere los 3 mmol/l, el esfuerzo debe ser momentáneamente disminuido o interrumpido. La carga puede continuarse con el aporte de elementos nutritivos si mantienen una tasa de glucosa suficiente en la sangre.

La conservación del rendimiento también depende del equilibrio acuático y electrolítico, tal como se señaló en la RDL III.

4.6.2.3. Bases cardiovasculares del rendimiento

En una carga de duración de varias horas, la frecuencia cardíaca es baja, de 120 a 150 pulsaciones/minuto. La alta sollicitación se afronta a través del volumen sistólico que permite un suministro de oxígeno estable al miocardio. Dada la menor intensidad de los movimientos, el máximo consumo de oxígeno se requiere al 50-60%. Estos deportistas de ultra-RDL no suelen tener altos valores de VO_2 máx (55 a 65 ml/kg/min) posiblemente debido a las bajas velocidades de trabajo.

En resumen, se señalan como **factores decisivos** para el rendimiento de la RLD IV:

1. <i>Alta eficiencia aeróbica</i> , en niveles de esfuerzo de baja intensidad, por debajo del umbral anaeróbico (50-60% VO_2 máx). El VO_2 máx no alcanzan tan elevados como los especialistas de RDM, RDL I, II y III, pero se ha de desarrollar en niveles de 4-6 mM/l
2. <i>Movilización de las grasas y proteínas</i> . El porcentaje de oxidación de las grasas para producir energía aeróbica puede alcanzar de un 70 a un 90%. La aportación energética mediante la disociación proteica puede alcanzar hasta un 20%.
3. <i>El glucógeno muscular y hepático</i> se agotan totalmente por lo que la ingestión de hidratos de carbono durante el esfuerzo es conveniente para mantener una intensidad más elevada.
4. <i>Termoregulación</i> . Para regular la temperatura interna y mantener las funciones de conducción nerviosa y de los músculos es necesario suministrar líquidos para evitar las pérdidas por la transpiración (5-7 litros) y electrolitos (Na ⁺ , Cl ⁻ , H ⁺ Mg).
5. <i>Resistencia del tejido ligamentoso y tendinoso</i> . La tolerancia al esfuerzo del aparato locomotor se hace especialmente importante para soportar estos esfuerzos.

4.7. VARIACIONES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE RESISTENCIA ESPECIFICA EN FUNCION DE LAS MODALIDADES DEPORTIVAS EN EL ALTO RENDIMIENTO

En la forma en que se desarrolla el esfuerzo en cada modalidad deportiva durante un tiempo determinado, las condiciones metabólicas pueden mostrar un cambio significativo frente a las condiciones típicas que se acaban de reseñar para las duraciones de esfuerzo de cada tipo de resistencia específica. Determinadas especialidades

deportivas como la natación, el remo, el piragüismo, el esquí de fondo, etc. Se pueden desviar de los patrones señalados en cuanto a las condiciones metabólicas, en función de la incidencia de ciertos factores que afectan a la ejecución (tabla 4.7). Es importante tener en cuenta estas posibles modificaciones para establecer un análisis más preciso de los factores decisivos del rendimiento en cada una de estas especialidades.

Tabla 4.7. Variaciones metabólicas en diversas especialidades deportivas

	Factores que le afectan en la ejecución	Modificación de la situación metabólica
Natación	Posición horizontal, mayor implicación de los grupos musculares de los brazos, actividad en el medio acuático	En los 100 metros (RDC): Menor implicación glucolítica. En los 1500 metros (RDL I): menor implicación anaeróbica y más aeróbica
Patinaje de velocidad	Conseguir una técnica coordinada sobre patines (lactatos elevados lo impedirían)	5.000 metros (RMD): Menor implicación anaeróbica 10.000 metros (RDL I): Menor implicación anaeróbica
Remo y piragüismo	Se compensa la mayor masa muscular y aplicación de fuerza con la menor velocidad de movimientos	Las pruebas de RDM tienen una menor implicación glucolítica
Esquí de fondo	Mayor masa muscular, frecuencia de movimiento inferior esfuerzos desiguales debidos al terreno (cuestas) y modificaciones variables de la técnica	Implicación glucolítica más elevada

5. METODOS DE ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA

Para alcanzar los objetivos de entrenamiento de cada uno de los tipos de resistencia que hemos señalado en los dos capítulos anteriores es necesario conocer los métodos de entrenamiento de resistencia y sus efectos. En función del conocimiento de estos efectos se podrán aplicar los métodos más adecuados para la mejora del rendimiento de cada tipo de resistencia.

5.1. METODOS UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA

Con el fin de entender mejor las distintas posibilidades de entrenamiento de la resistencia es necesario adoptar una clasificación de métodos de entrenamiento de la resistencia que permita las suficientes variaciones con el fin de que se puedan cubrir todas las necesidades de desarrollo de los distintos factores que puedan afectar a las diferentes manifestaciones de resistencia. Como punto de referencia inicial, se pueden considerar tres métodos fundamentales sobre los cuales se pueden construir un gran número de variantes. Estos son el *método continuo*, el *método fraccionado* y el *método de competición y control*.

5.1.1. MÉTODO CONTINUO

Se caracteriza porque el trabajo no está interrumpido por intervalos de descanso. La duración de la carga de trabajo es de larga duración (normalmente superiores a 30 minutos). Ello provoca, dependiendo de la intensidad desarrollada, una *acción más económica de los movimientos* o un *mayor desarrollo de los sistemas funcionales del organismo*.

Como opciones de entrenamiento siguiendo las características generales del método continuo se distinguen: el *método uniforme* y el *método variable*. A su vez, el método continuo puede aplicarse con un mayor énfasis en el volumen o duración de la carga (*extensivo*) o con una mayor intensidad (*intensivo*). Como es lógico, en cada caso los objetivos de desarrollo de la resistencia son claramente diferentes (figura 5.1.):

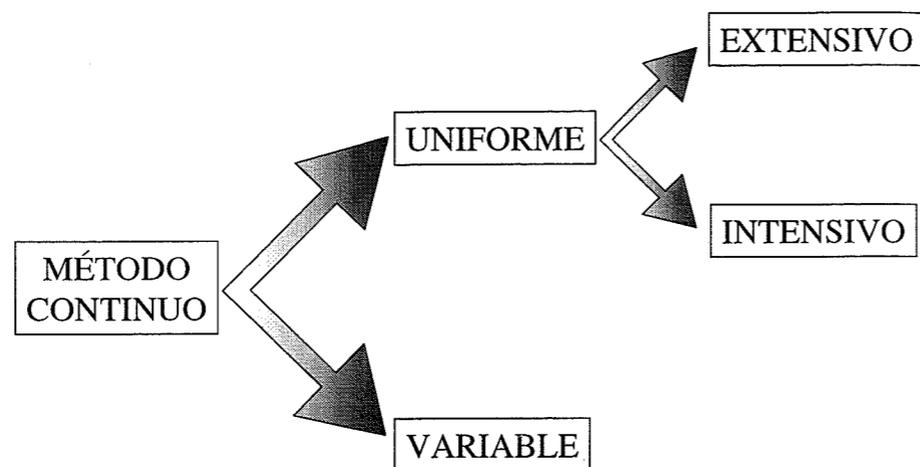


Figura 5.1. Métodos continuos

5.1.1.1. Método continuo uniforme

Se caracteriza por un alto volumen de trabajo sin interrupciones. Aunque puede ser utilizado a lo largo de todo el ciclo de entrenamiento, su utilización se lleva a cabo preferentemente en el período preparatorio (en un diseño convencional¹) o en el mesociclo de acumulación (diseño contemporáneo²). Es especialmente recomendable para la mayoría de los deportes que requieren resistencia aeróbica pero, principalmente, para deportes cíclicos en los que la duración es de 60 segundos o más.

El principal efecto es la mejora y perfeccionamiento de la capacidad aeróbica. De la misma forma, la estabilidad del rendimiento conduce a una consolidación de la técnica (por ejemplo, natación, carrera, remo, etc.) a la vez que mejoran las eficiencias de trabajo de las funciones del organismo.

¹ Véase capítulo 10 para entender este concepto.

² Idem.

En función de la duración y la intensidad de la carga que se emplee, podemos distinguir dos formas de trabajo con unos efectos más específicos a los ya señalados: *método continuo extensivo* y *método continuo intensivo*.

5.1.1.1.1. Método continuo extensivo

En la tabla 5.1. y en la figura 5.4 se muestran algunas de las características del entrenamiento continuo extensivo. La duración de la carga es larga, de 30 minutos a 2 horas, si bien puede llegar a ser de varias horas en casos determinados como, por ejemplo, en su aplicación a deportistas de RDL III y RDL IV.

La intensidad de la carga corresponde al ámbito de la eficiencia aeróbica (EAE), entre el umbral aeróbico y el anaeróbico (1'5-3 mmol/l de lactato) lo que aproximadamente supone un 60-80% de la velocidad de competición (figura 5.2).

Los efectos del entrenamiento según el método continuo extensivo se pueden observar en la figura 5.2., junto a las principales características de trabajo de dicho método.

Figura 5.2. Características y efectos de entrenamiento del métodos continuo extensivo.

MÉTODO CONTINUO EXTENSIVO		LA mm/l	FC p/min	% VO₂ max
CAL				
PLA				
CLA				
PAE				
CAE				
EAE	30 min - >2 horas	3	160	80
AER		1,5	125	60

EFFECTOS: Oxidación de las grasas (incremento del nº de mitocondrias y activación de la β-oxidación - Economía de trabajo cardíaco (menor frecuencia en ejercicio y reposo) - Circulación periférica - Vagotonía a nivel nervioso-vegetativo - Hipertrofia cardíaca a partir de 140 p/m -Cierta mejora en la oxidación del glucógeno

Como consecuencia, con la práctica de este método de entrenamiento se consigue: (1) una mayor economía del rendimiento cardiovascular, (2) un mejor aprovechamiento del metabolismo lipídico, (3) mayor estabilización del nivel aeróbico alcanzado, y (4) una mejora del ritmo de recuperación.

Por estos objetivos de entrenamiento, se considera recomendable su uso en el desarrollo de la resistencia de base I, II y III, y de la resistencia de larga duración III y IV (con elevados volúmenes).

Tabla 5.1. Características de entrenamiento de los métodos continuo extensivo, intensivo y variable.

Métodos	Duración de la carga	% velocidad competitiva	% del VO ₂ max	Lactato mmol/l	Frecuencia cardíaca, p/m	Efectos
Continuo extensivo	30 m-2 h	60-80	45-65	1,5 - 3	125-160	<ul style="list-style-type: none"> • aumento del metabolismo aeróbico especialmente por la mejora de la oxidación de las grasas • disminución de la frecuencia cardíaca en esfuerzo y reposo (economización del trabajo cardíaco) • mejora de la circulación periférica • desarrollo vagotónico extensivo
Continuo intensivo	30-60 m	90-95	60-90	3-4	140-190	<ul style="list-style-type: none"> • mayor aprovechamiento del glucógeno en aerobiosis • agotamiento de los depósitos de glucógeno • Regulación producción/eliminación de lactato • Hipertrofia del músculo cardíaco • Capilarización del músculo esquelético
Continuo variable	30-60 m	60-95	45-90	2-6	130-180	<ul style="list-style-type: none"> • las anteriores y adaptaciones a los cambios del suministro energético.

5.1.1.1.2. Método continuo intensivo

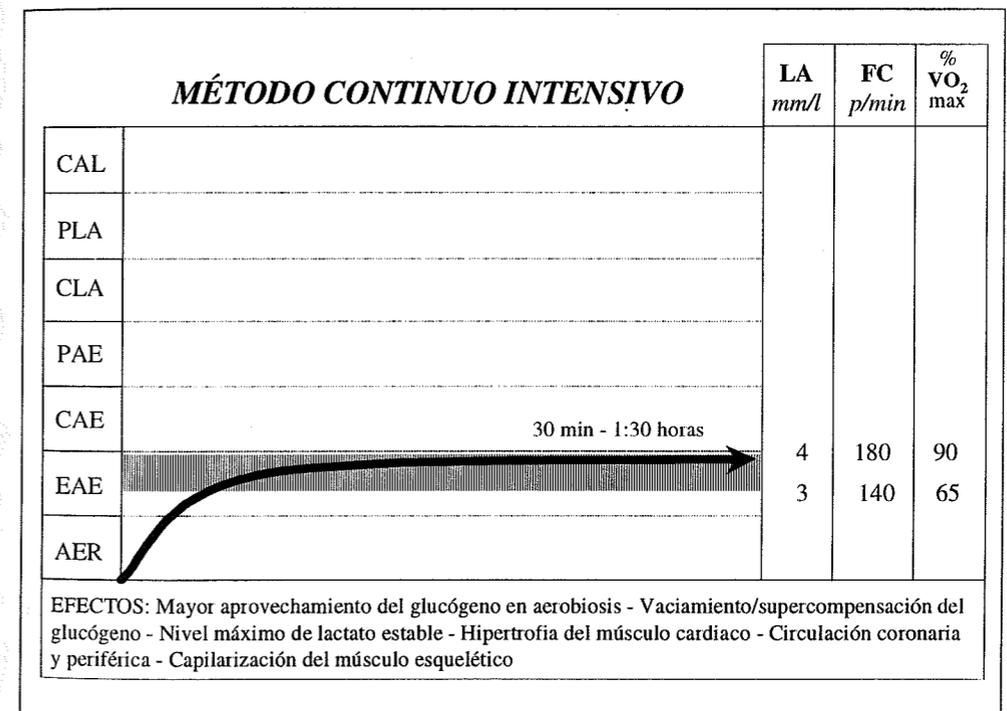
El trabajo continuo realizado en estas condiciones es de mayor intensidad que en el método continuo extensivo y, en consecuencia, con una duración de carga proporcionalmente menor.

En la tabla 5.1. y en la figura 5.4 se muestran algunas de las características del entrenamiento continuo intensivo. La duración de la carga es larga, de 30 minutos a 1 hora, si bien puede llegar hasta 90 minutos para casos especiales como, por ejemplo, su aplicación a deportistas de RDL III y RDL IV.

La intensidad de la carga corresponde al ámbito de la eficiencia aeróbica (EAE), en el nivel del umbral aeróbico (3-4 mmol/l de LA) lo que aproximadamente supone un 90-95% de la velocidad de competición.

Los efectos del entrenamiento según el método continuo intensivo se pueden observar en la figura 5.3, junto a las principales características de trabajo de dicho método.

Figura 5.3. Características y efectos de entrenamiento del método continuo intensivo



Como consecuencia, con la práctica de este método de entrenamiento se consigue: (1) una mejora en el metabolismo del glucógeno, (2) una mayor velocidad en condiciones de umbral anaeróbico, (3) un aumento del consumo máximo de oxígeno debido al incremento del número de capilares y la mejora del rendimiento cardíaco, (4) una mejor compensación láctica durante intensidades elevadas, y (5) un mejor sostenimiento de una intensidad elevada en esfuerzos prolongados.

Por estos objetivos de entrenamiento, se considera recomendable su uso en el desarrollo de la *resistencia de base II, la resistencia de media duración y larga duración I, II, III*.

5.1.1.1.3. Método continuo variable

Se caracteriza por los cambios de intensidad durante la duración total de la carga. Las variaciones de intensidad pueden ser determinados por factores *externos* como el perfil del terreno (para carreras, ciclismo, etc), *internos* (voluntad del deportista) o *planificados* (decisión del entrenador sobre las magnitudes de las distancias para variar las intensidades).

El cambio de intensidades oscila entre *velocidades moderadas* correspondientes al umbral aeróbico (aprox. 2 mmol/l) y *velocidades submáximas* por encima del umbral anaeróbico (5-6 mmol/l), es decir, cubriendo los objetivos fisiológicos propios de la eficiencia aeróbica y la capacidad aeróbica (CAE) (figura 5.5 y 5.6).

La duración de la carga en el esfuerzo a mayor velocidad oscila entre *1 a 10 minutos*, alternando con los esfuerzos moderados con una duración suficiente para permitir una ligera recuperación del organismo antes del siguiente incremento. La velocidad elevada estimula la frecuencia cardíaca hasta 180 pulsaciones/minuto mientras que la fase de velocidad lenta es de aproximadamente 140 p/m.

El sistema ondulatorio y rítmico de alternancia de intensidades facilita un elevado volumen de trabajo, donde la *capacidad cardíocirculatoria y del SNC* mejoran de forma significativa.

Este método puede aplicarse tanto a deportes cíclicos como también en otros (deportes de equipo, lucha, judo, etc.).

Las características y los efectos del entrenamiento se muestran en la tabla 5.1. y los objetivos de entrenamiento del método continuo variable se pueden ver en la figura 5.4, si bien según sean las condiciones en las que se marquen los cambios de intensidades y la duración de los tramos, los efectos de los entrenamientos, y en consecuencia, sus objetivos pueden variar.

Por esta razón distinguimos dos tipos de entrenamiento continuo variable:

- **Continuo Variable 1.** Los tramos más intensos superan los 5 minutos y los menos intensos son inferiores a 3 minutos (figura 5.5). De este modo, el esfuerzo se mantiene en la zona de esfuerzo para la mejora de la eficiencia aeróbica, entre el umbral aeróbico y el anaeróbico. En este caso, la aplicación de esta variante estaría especialmente recomendada para el desarrollo de la resistencia de base II y la resistencia de larga duración I, II, III y IV.
- **Continuo Variable 2.** Los tramos más intensos abarcan de los 3 a los 5 minutos de esfuerzo y los menos intensos son superiores a 3 minutos (figura 5.6). En este caso, la aplicación de esta variante estaría especialmente recomendada para el desarrollo de la resistencia de base II y III, la resistencia de media duración y la resistencia de larga duración I.

Figura 5.4. Métodos de entrenamiento de la resistencia

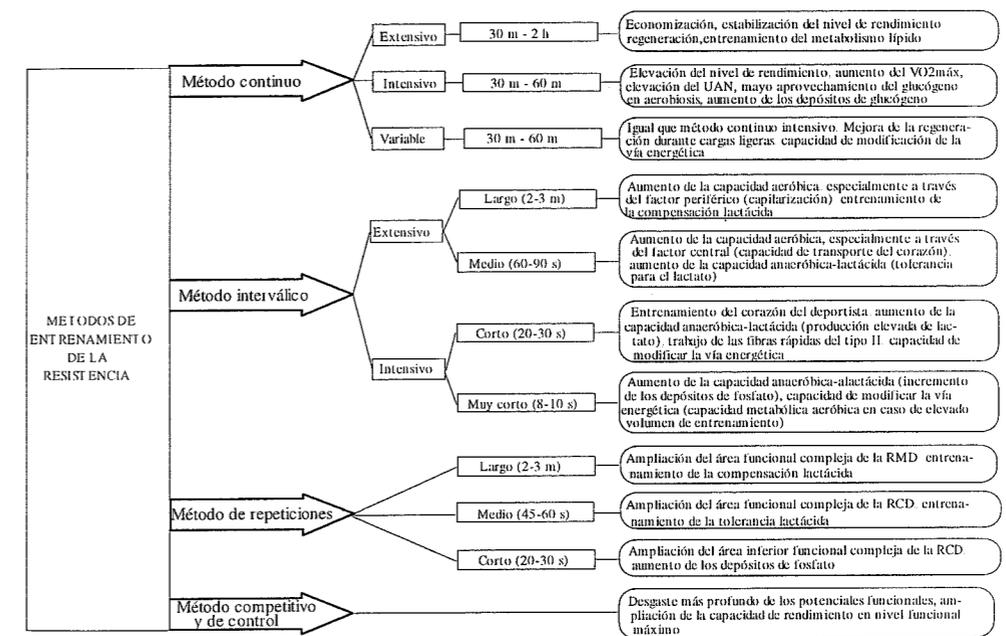


Figura 5.5. Características y efectos de entrenamiento del método continuo variable 1

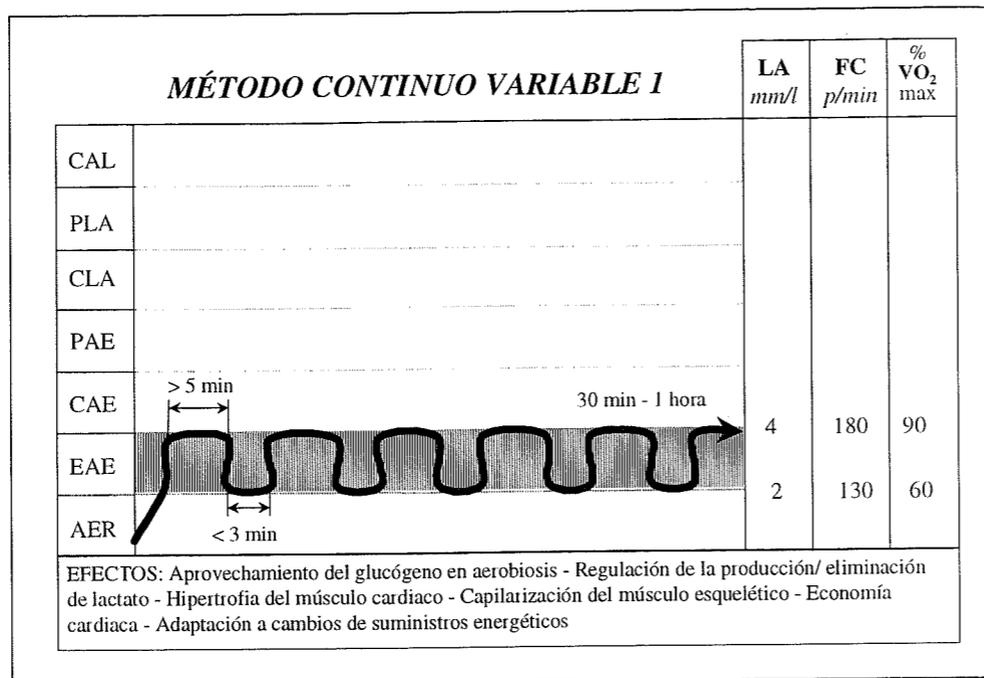
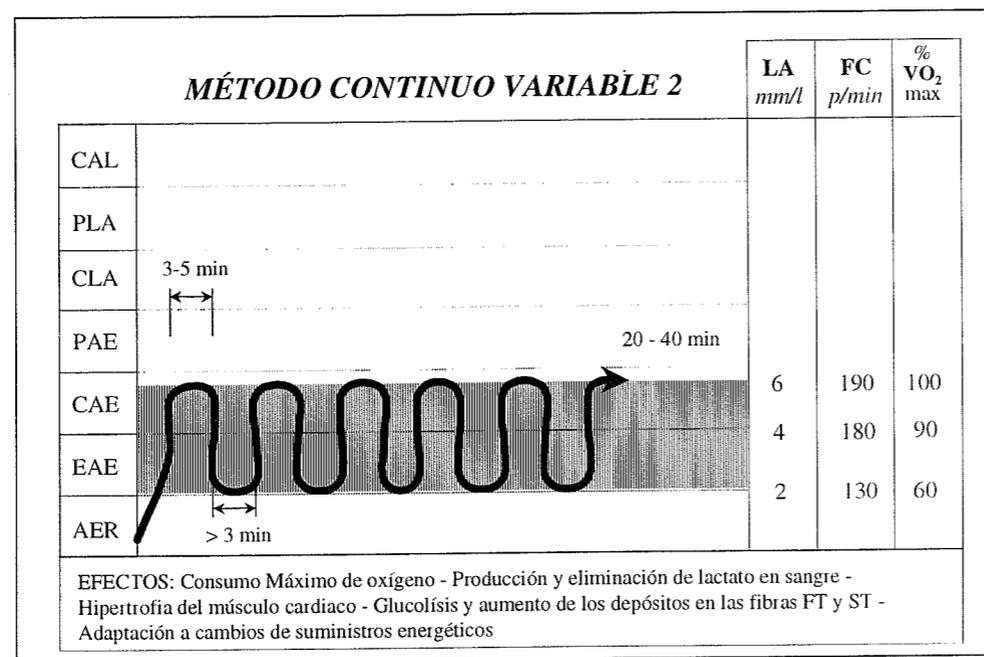


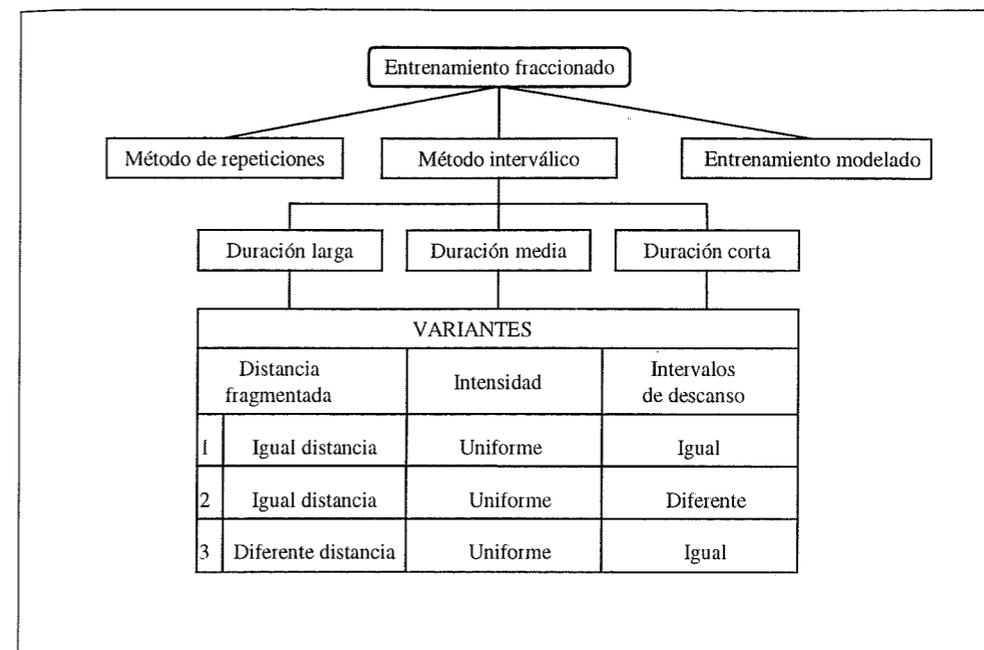
Figura 5.6. Características y efectos de entrenamiento del método continuo variable 2



5.1.2. MÉTODOS FRACCIONADOS

Comprende todos los métodos ejecutados con un intervalo de descanso (figura 5.7). Se distinguen: el método interválico, el método de repeticiones y el entrenamiento modelado («model training»)

Figura 5.7. Métodos de entrenamiento fraccionado



5.1.2.1. METODO INTERVÁLICO

Abarca todas las variantes de entrenamiento fraccionado donde *no se alcanza una recuperación completa* entre las fases de carga y descanso. La duración de los descansos entre las repeticiones puede durar de 10 segundos hasta varios minutos en función de la intensidad, duración de la carga y el nivel de entrenamiento del deportista.

Durante la carga se produce un estímulo de hipertrofia sobre el músculo cardíaco debido a la mayor resistencia periférica y durante el intervalo de descanso se produce un estímulo de aumento de la cavidad por causa del aumento del volumen cardíaco debido a la caída de la resistencia periférica.

La duración del intervalo de descanso se calcula a través de la frecuencia cardíaca. El criterio básico es que la frecuencia cardíaca se recupere hasta 120-130 pulsaciones/minuto.

En general, con el método interválico se alcanza una *ampliación del nivel funcional de los diferentes sistemas orgánicos*. A nivel técnico, los movimientos se fijan en condiciones más difíciles como mayor hiperacididad o agotamiento de los depósitos de fosfato. A nivel psíquico, el deportista se *acostumbra a tolerar esfuerzos* que exigen sensaciones incómodas.

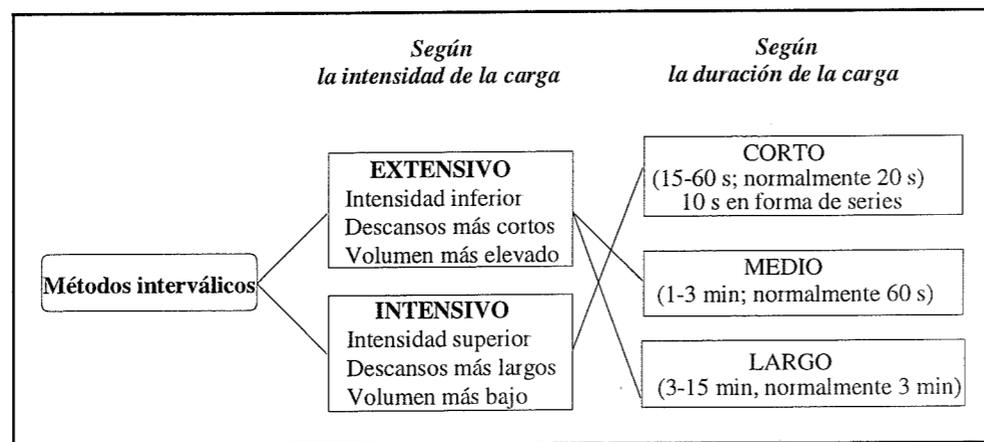
El entrenamiento interválico se puede realizar también en forma de series (figuras 5.11 y 5.12). Esto ocurre especialmente cuando la duración de la carga de cada repetición es menor y la intensidad es mayor. Bajo esta forma, las pausas entre las series son de mayor duración con el fin de retrasar el cansancio que se acumula más rápidamente.

Según la *intensidad de la carga* se distinguen el *método interválico extensivo* y el *método interválico intensivo* y según la *duración de la carga* se pueden considerar el *interválico corto* (cargas de 15 a 60 segundos), el *interválico medio* (cargas de 1 a 3 minutos) y el *interválico largo* (cargas de 3 a 15 minutos). De la combinación de estos métodos interválicos citados surgen distintas variantes.

Así pues, cabe distinguir dentro del método interválico las siguientes variantes (figura 5.8):

- Método interválico extensivo largo (IEL)
- Método interválico extensivo medio (IEM)
- Método interválico intensivo corto I (IIC-I)
- Método interválico intensivo corto II (IIC-II)

Figura 5.8. Variantes del método interválico



5.1.2.1.1. Método interválico extensivo largo (EIL)

Se caracteriza por el empleo de cargas de una duración entre 2 y 15 minutos con intensidad media con un volumen elevado de trabajo.

Debido al mantenimiento relativamente prolongado de una presión sanguínea media durante este tipo de entrenamiento se consigue una *mayor irrigación periférica y capilarización*. La glucólisis aeróbica interviene en gran medida por lo que aumentan los *depósitos de glucógeno en las fibras lentas* (ST). Estos aspectos que acabamos de citar hacen que la capacidad aeróbica mejore especialmente a través del factor periférico.

Las características y efectos más importantes de entrenamiento se muestran en la tabla 5.2 y en la figura 5.9.

Como consecuencia, con la práctica de este método de entrenamiento se consigue una mejora en: (1) la capacidad aeróbica, a través del incremento del consumo máximo de oxígeno, especialmente debido al aumento de la circulación periférica, (2) el umbral anaeróbico, y (3) economía el metabolismo del glucógeno.

Por estos objetivos de entrenamiento, se considera recomendable su uso en el desarrollo de la *resistencia de base II* y la *resistencia larga duración I, II, III y IV*.

Figura 5.9 Características y efectos de entrenamiento del método interválico extensivo largo

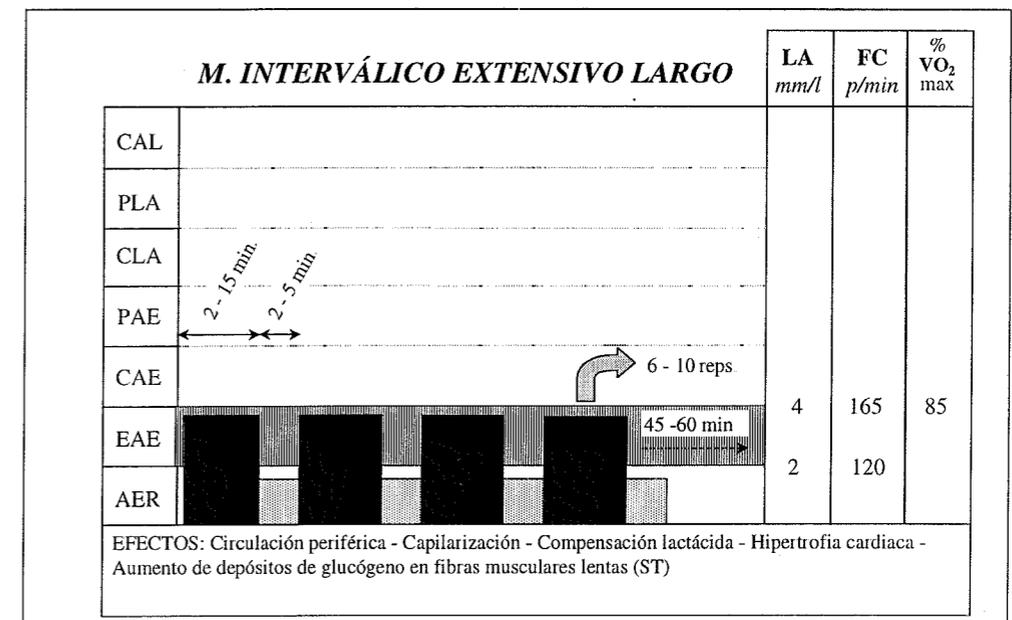


Tabla 5.2. Características de entrenamiento de los métodos interválicos.

Métodos	Duración de la carga	% velocidad competitiva	Intervalo descanso	Volumen	Frecuencia cardíaca, p/m	Efectos
IEL	2-15 m. especialmente 2-3 min.	70-85	2-5 min.	40-60 m. incluido descanso 6-10 repeticiones	160-165 (I) trabajo 120 (D)descanso	<ul style="list-style-type: none"> • irrigación periférica y capilarización • glucólisis e incremento de los depósitos en las fibras I. • aumento del corazón • poca vagotonía.
IEM	1-3 m. especialmente 60-90 s.	70-80	90 s - 2 m	35-45 m. incluido descanso 12-16 repeticiones	160-170 (I) 120 (D)	<ul style="list-style-type: none"> • activación de los procesos anaeróbicos. • aumento del corazón • producción de lactato en las fibras I.
IIC-I	15 - 60 s. especialmente 20 - 30 s.	90-95	2 - 3 m.; 10 - 15 m. entre series	25-35 m. 9 - 12 repeticiones 3-4 por serie 3-4 series	Muy variable	<ul style="list-style-type: none"> • producción y restauración de lactato en sangre • implicación de las fibras II (siempre que el VO₂máx. sea mayor del 90%, o bien la fuerza ocupa más del 30%) y vaciado de depósitos de glucógeno
IIC-II	8 - 15 s.	90-100	2 - 3 m.; 10 - 15 m. entre series	25 - 60 m. 9 - 32 repeticiones 3-4 por serie 3-4 series	Muy variable	<ul style="list-style-type: none"> • utilización de los depósitos de fosfato. • iniciación de la glucólisis anaeróbica. • estimulación de la vía energética aeróbica para suprimir los fosfatos (durante los descansos)

5.1.2.1.2. Método interválico extensivo medio (EIM)

Se caracteriza por el empleo de cargas de una duración entre 1 y 3 minutos, con una intensidad media a submáxima y con un volumen elevado de trabajo.

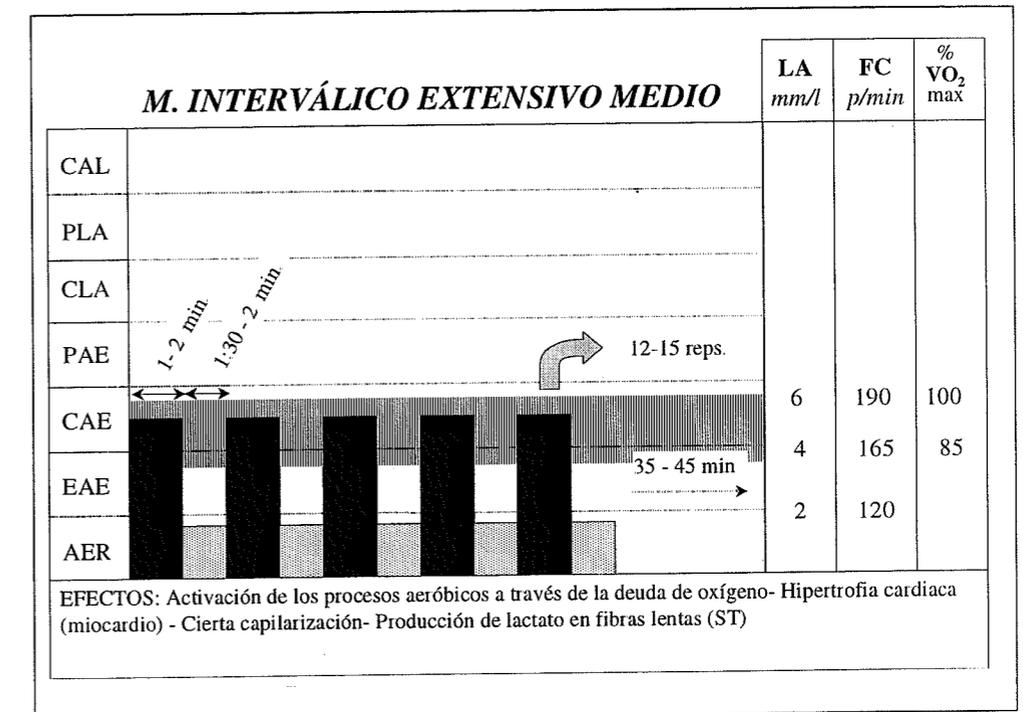
Debido a la duración y la intensidad de la carga aumenta la deuda de oxígeno por lo que se activan en mayor medida los procesos anaeróbicos. Otro aspecto

interesante en este tipo de entrenamiento es la posibilidad de incrementar la capacidad de producción de lactato de las fibras lentas (ST). Ante una presión sanguínea media menor durante este tipo de entrenamiento es menor el efecto de irrigación periférica y capilarización. Todo ello hace que la capacidad aeróbica mejore especialmente a través del *factor central*.

En este tipo de entrenamiento también aumenta la *capacidad de tolerancia y eliminación del lactato*.

Las características y efectos más importantes de entrenamiento se muestran en la tabla 5.2 y en la figura 5.10.

Figura 5.10 Características y efectos de entrenamiento del método interválico extensivo medio



Como consecuencia, con la práctica de este método de entrenamiento se consigue una mejora en: (1) la capacidad aeróbica, a través del incremento del consumo máximo de oxígeno, especialmente debido al aumento de la circulación central, y (2) la tolerancia y eliminación del lactato.

Por estos objetivos de entrenamiento, se considera recomendable su uso en el desarrollo de la *resistencia de base II*, la *resistencia media duración* y la *resistencia larga duración I*.

5.1.2.1.1. Método interválico intensivo corto I (IIC-I)

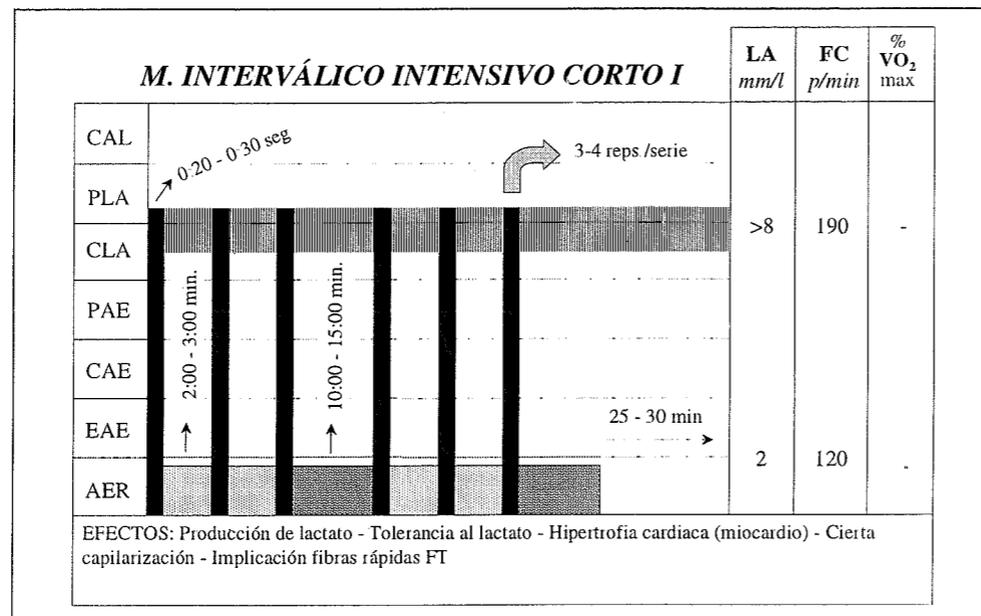
Se caracteriza por el empleo de cargas de una duración entre 15 y 60 segundos, con una *intensidad casi máxima*.

Por lo general, el trabajo se realiza en forma de series, 3-4 repeticiones por cada serie y de 3 a 4 series.

Con este entrenamiento aumenta especialmente la *capacidad anaeróbico-lactácida* a través de una mayor producción de lactato y su mayor tolerancia.

Las características y efectos más importantes de entrenamiento se muestran en la tabla 5.2 y en la figura 5.11.

Figura 5.11 Características y efectos de entrenamiento del método interválico intensivo corto I



Como consecuencia, con la práctica de este método de entrenamiento se consigue un aumento de: (1) la potencia anaeróbica láctica, a través del incremento del ritmo de producción de lactato, (2) la capacidad anaeróbica láctica, a través de una mejora de la tolerancia al lactato, y (3) un aumento de la capacidad aeróbica por medio del aumento del VO₂ máximo a través de la mejora especialmente de la circulación central.

Por estos objetivos de entrenamiento, se considera recomendable su uso en el desarrollo de la *resistencia de base III*, la *resistencia corta duración* y la *resistencia media duración*.

5.1.2.1.3. Método interválico intensivo corto II (IIC-II)

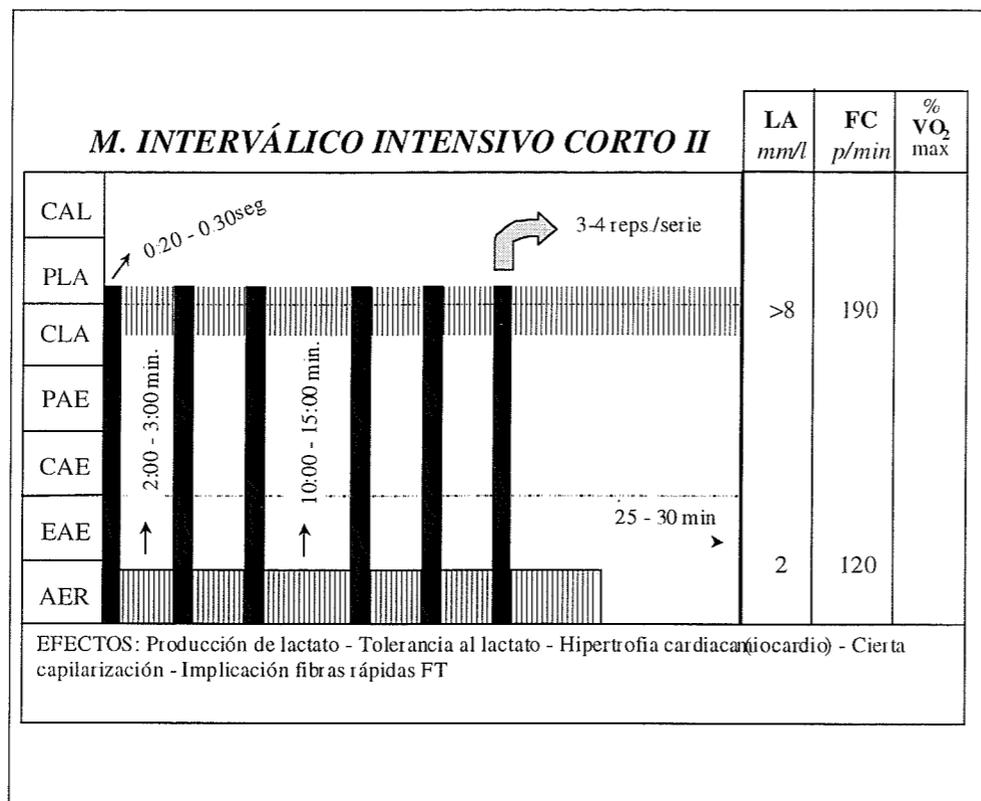
Se caracteriza por el empleo de cargas de una duración entre 8 y 15 segundos, con una *intensidad casi máxima* o incluso *máxima* en los esfuerzos de menor duración.

Como en el método anterior, el trabajo se realiza en forma de series, 3-4 repeticiones por cada serie y de 6 a 8 series, siendo lo más común entre 3 y 4 series.

Con este entrenamiento aumenta especialmente la *capacidad anaeróbico-alactácida* y el inicio de la glucólisis anaeróbica si bien con un elevado volumen de entrenamiento (más de 5-6 series) se puede fomentar la capacidad metabólica aeróbica láctica.

Las características y efectos más importantes de entrenamiento se muestran en la tabla 5.2 y la figura 5.12.

Figura 5.12 Características y efectos de entrenamiento del método interválico intensivo corto II



Como consecuencia, con la práctica de este método de entrenamiento se consigue un aumento de: (1) la capacidad anaeróbica-aláctica, (2) la potencia anaeróbica láctica, a través de una mejora en el ritmo de producción de lactato, y (3) vía energética aeróbica, especialmente cuando se realizan altos volúmenes de este tipo de entrenamiento.

Por estos objetivos de entrenamiento, se considera recomendable su uso en el desarrollo de la *resistencia de base III* y la *resistencia corta duración*.

5.1.2.2. MÉTODO DE REPETICIONES

Emplea distancias *más cortas o más largas que las de competición y de forma muy intensa*. Las repeticiones más largas provocan una fuerte demanda de la componente aeróbica de la prueba de resistencia, debido a que la velocidad de rendimiento se

aproxima bastante a la velocidad de la prueba. Por otro lado, las repeticiones más cortas desarrollan la componente anaeróbica debido a que el deportista a menudo se somete a una deuda de oxígeno. En este último caso, la intensidad es ligeramente más elevada que la de una prueba.

El volumen total puede ser de 4-8 veces la distancia de la prueba, con un descanso que puede oscilar entre los 5-10 minutos, dependiendo de la distancia e intensidad.

Los descansos son completos, permitiendo que todos los parámetros de rendimiento de los sistemas funcionales implicados vuelvan a su estado inicial. La frecuencia cardíaca se debe situar por debajo de las 100 pulsaciones/minuto.

Se distinguen tres variantes según la duración de la carga (o distancia): *largo, medio y corto*.

5.1.2.2.1. Método de repeticiones largo (RL)

Se caracteriza por el empleo de cargas de una duración entre 2 y 3 minutos con una intensidad próxima a la velocidad de competición (aprox. 90%). El volumen total es bajo (3-5 repeticiones) debido a la alta intensidad de trabajo y concentración elevada de lactato que se produce.

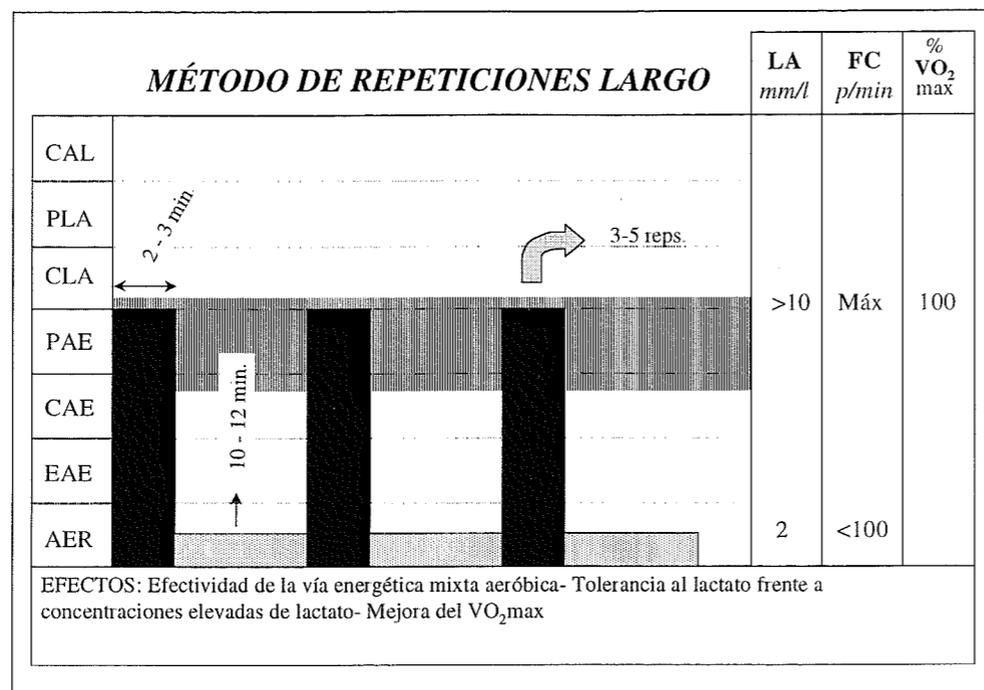
Existe una mejora de la vía energética mixta anaeróbica-aeróbica. Este tipo de entrenamiento actúa en el nivel del área funcional de la resistencia de duración media (RDM).

Las características y efectos más importantes de entrenamiento se muestran en la tabla 5.3 y en la figura 5.13.

Como consecuencia, con la práctica de este método de entrenamiento se consigue un aumento de: (1) potencia aeróbica gracias al aumento del consumo máximo de oxígeno, y (2) la capacidad anaeróbica-láctica, a través de una mejora en la tolerancia al lactato.

Por estos objetivos de entrenamiento, se considera recomendable su uso en el desarrollo de la *resistencia de base II*, la *resistencia de corta duración*, la *resistencia de media duración* y la *resistencia de larga duración I*.

Figura 5.13 Características y efectos de entrenamiento del método de repeticiones largo



5.1.2.2.2. Método de repeticiones medio (RM)

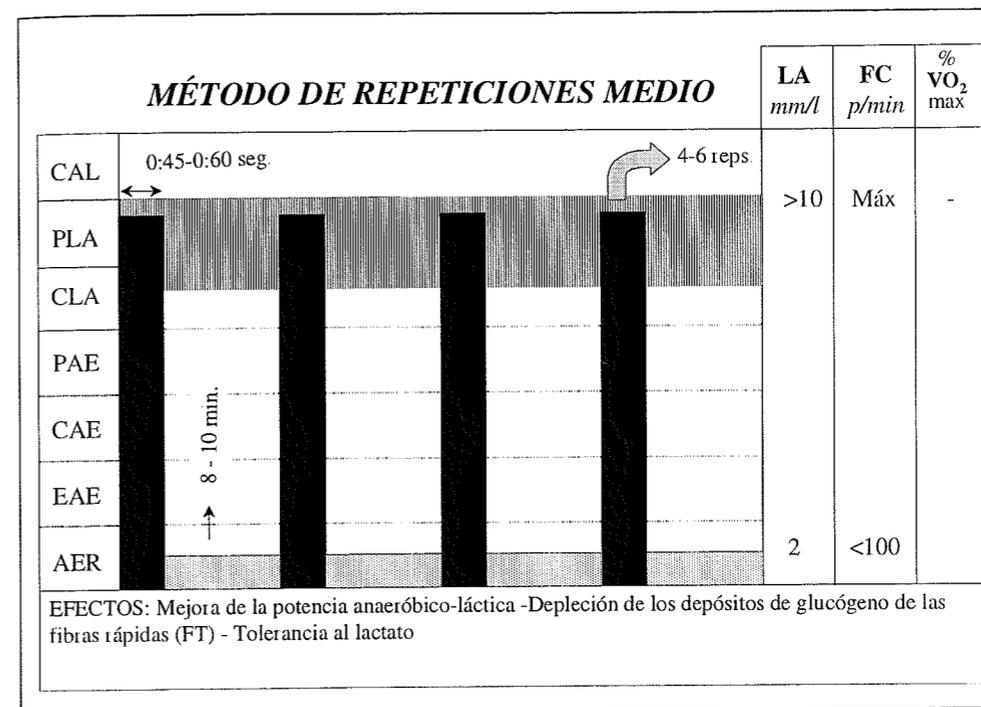
Se caracteriza por el empleo de cargas de una duración entre 45 y 60 segundos minutos con una intensidad próxima a la velocidad de competición (aprox. 95%). El volumen total es bajo (4-6 repeticiones) debido a la alta intensidad de trabajo y concentración elevada de lactato que se produce.

Se produce un vaciado de los depósitos de glucógeno de las fibras rápidas (FT) y aumenta la tolerancia al lactato.

Mejora la vía energética anaeróbica láctica. Este tipo de entrenamiento actúa en el nivel del área funcional de la resistencia de duración corta (RDC).

Las características y efectos más importantes de entrenamiento se muestran en la tabla 5.3 y en la figura 5.14.

Figura 5.14 Características y efectos de entrenamiento del método de repeticiones medio



Como consecuencia, con la práctica de este método de entrenamiento se consigue una mejora del sistema energético anaeróbico láctico, por lo que se considera especialmente recomendable su uso en el desarrollo de la resistencia de corta duración.

5.1.2.2.3. Método de repeticiones corto (RC)

Se caracteriza por el empleo de cargas de una duración entre 20 a 30 segundos con una intensidad próxima a la velocidad de competición (95%-100%). El volumen total es bajo (6 a 10 repeticiones) debido a la alta intensidad de trabajo y concentración elevada de lactato que se produce.

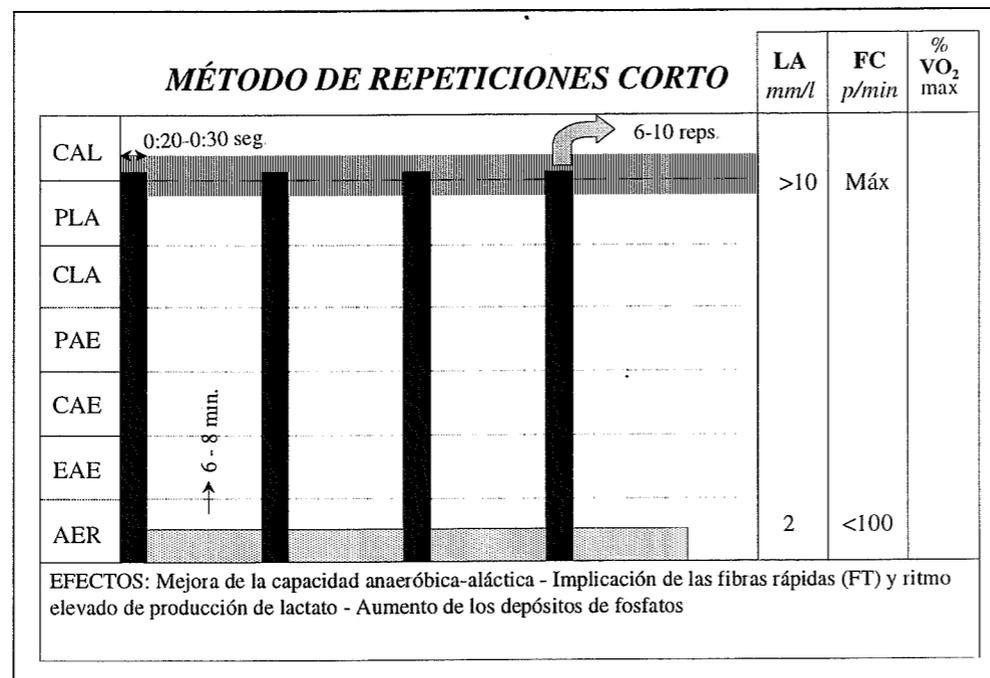
Produce una mayor activación de las fibras rápidas (FT) y la producción rápida de lactato.

En los esfuerzos de duración más corta favorece el aumento de los depósitos de fosfato.

Mejora la *avía energética anaeróbica alactáida*. Este tipo de entrenamiento actúa en el nivel del *área funcional de la resistencia de duración corta (RDC)*.

Las características y efectos más importantes de entrenamiento se muestran en la tabla 5.3. y la figura 5.15.

Figura 5.15 Características y efectos de entrenamiento del método de repeticiones corto



Como consecuencia, con la práctica de este método de entrenamiento se consigue una mejora de: (1) la capacidad anaeróbica-aláctica y (2) la potencia anaeróbica-láctica; por lo que se considera especialmente recomendable su uso en el desarrollo de la *resistencia de corta duración*.

5.1.2.3. ENTRENAMIENTO MODELADO

Debe ser considerado como una variación del método de repeticiones ya que el deportista se somete a varias repeticiones de distancias de entrenamiento. Sin embargo, la originalidad de este método está en que imita las características de la prueba, de ahí el nombre de entrenamiento modelado. Por tanto, la primera parte del entrenamiento se compone de varias repeticiones sobre una distancia mucho más corta que la de competición y ejecutadas a una *velocidad igual o ligeramente más baja o más alta* que la de competición. Bajo estas condiciones, la energía es facilitada por el metabolismo anaeróbico. La parte central utiliza distancias e intensidades que sirven para mejorar y desarrollar la resistencia aeróbica. Con el fin de «modelar» exactamente la prueba, la última parte del entrenamiento emplea otra vez repeticiones sobre distancias cortas, que perfeccionan la parte final de la misma. Estas repeticiones son efectuadas bajo un cierto nivel de fatiga y de nuevo implican en mayor medida al metabolismo anaeróbico (considerando su especificidad también se le podría llamar resistencia de velocidad).

El volumen de trabajo total, la velocidad, los intervalos de descanso y el número de repeticiones se calculan según el potencial del deportista y las características del deporte. El método de la frecuencia cardíaca puede utilizarse para calcular el intervalo de descanso.

Considerando su carácter específico, debe emplearse durante el período competitivo (diseño convencional) o en el mesociclo de realización (diseño contemporáneo) (véase capítulo 10).

Tabla 5.3 Características de entrenamiento de los métodos de repeticiones

Métodos	Duración de la carga	% velocidad competitiva	Intervalo descanso	Volumen	Frecuencia cardíaca, p/m	Efectos
RL	2 - 3 m. (hasta 8 min)	85 - 90%	completa 10 - 12 m.	3- 5 repeticiones	190-210 (I) trabajo -100 (D)descanso	<ul style="list-style-type: none"> mejora de la vía energética mixta aeróbica anaeróbica ejecución de todos los mecanismos reguladores decisivos para el rendimiento y retorno al nivel inicial. compensación láctica frente a concentración mediana de lactato
RM	45 - 60 s.	90 - 95	8 - 10 m.	4 - 6 repeticiones	190-210 (I) - 100 (D)	<ul style="list-style-type: none"> mejora de la vía energética anaeróbica - láctica. vaciado de los depósitos de glucógeno de las fibras -FT tolerancia para el lactato. ejecución de todos los mecanismos reguladores esenciales.
RC	20 - 30 s.	90-100	6 - 8 m.	6 - 10 m. repeticiones	Muy variable	<ul style="list-style-type: none"> mejora de la vía energética anaeróbica - aláctica implicación de las fibras II y producción rápida de lactato incremento de los depósitos de lactato ejecución de todos los mecanismos reguladores esenciales

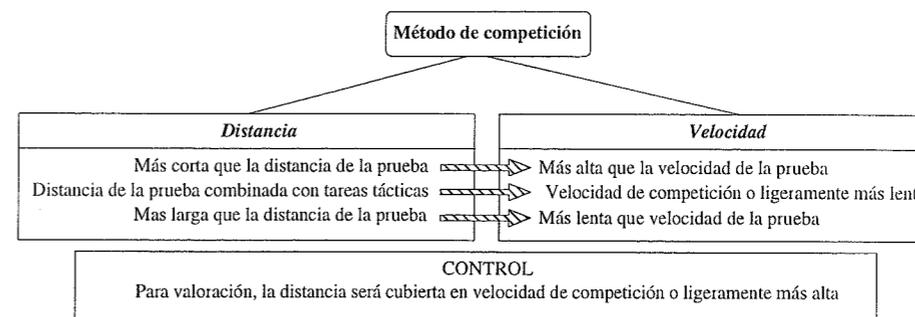
5.1.2.3.1. Método de competición y control

Como sugiere el término, el empleo de este método desarrolla exclusivamente la resistencia específica para cada deporte/prueba. El volumen de entrenamiento debe calcularse de modo que corresponda específicamente a las características físicas, técnicas, psicológicas y tácticas del deporte seleccionado.

Las opciones para el entrenamiento de las condiciones de competición de cualquier prueba de resistencia se basan fundamentalmente en tres situaciones típicas (figura 5.16):

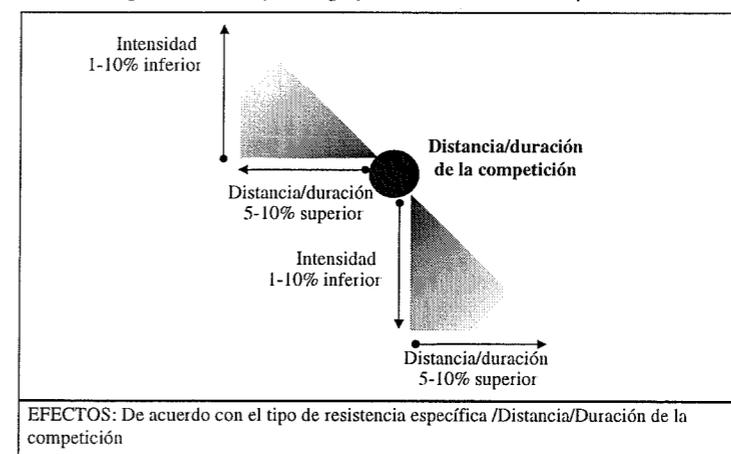
- Utilizando una distancia ligeramente inferior a la de la prueba
- Utilizando una distancia igual a la de la prueba
- Utilizando una distancia ligeramente superior a la de la prueba

Figura 5.16. Variantes del método de competición



Cuando se emplean distancias ligeramente menores (-10-20%), las intensidades del esfuerzo deben ser iguales o superiores a las de competición. En cambio, cuando se emplean distancias mayores (+10-20%), la intensidad debe acercarse lo más posible a las desarrolladas en competición (figura 5.17). Como es obvio, el número de repeticiones que se lleven a cabo dependerá de la distancia empleada. En cualquier caso, siempre serán pocas y condicionadas a mantener las intensidades previstas. Las pausas de descanso deben ser completas.

Figura 5.17. Esquema gráfico del método de competición



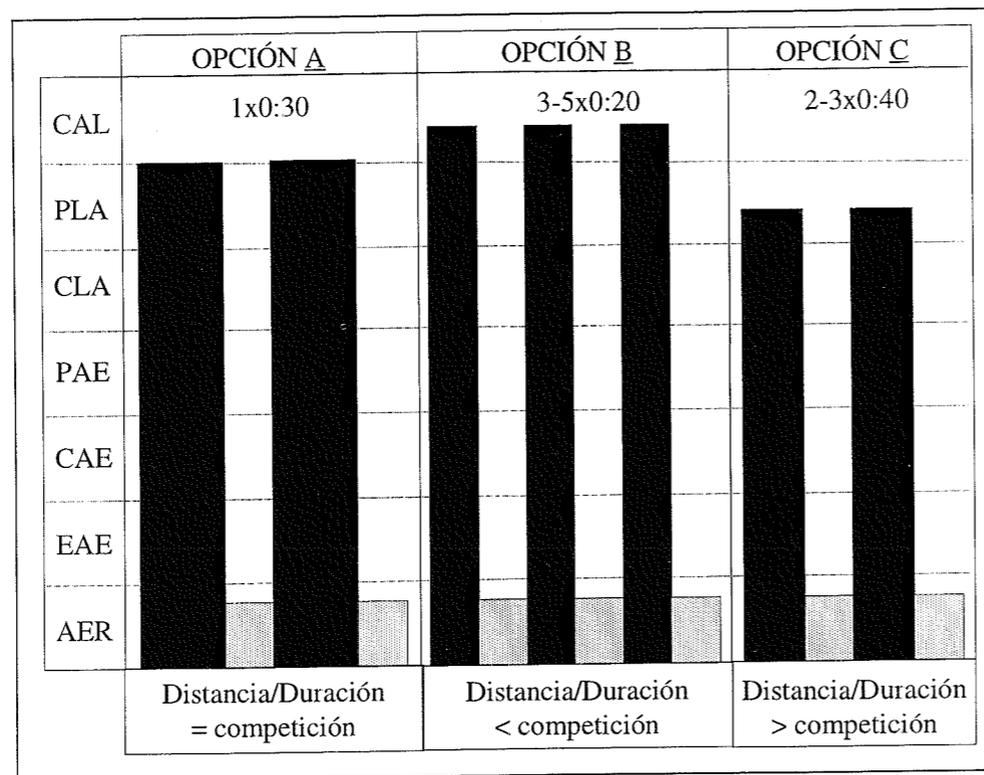
Por ejemplo, un especialista de resistencia de corta duración, cuyo esfuerzo en competición es de 30 segundos, podría utilizar las siguientes opciones de entrenamiento de la competición (figura 5.18):

Opción A. Realizar el esfuerzo en competición o en situaciones que simulen la misma. En este caso, el deportista realizaría esfuerzos de 30 segundos a la intensidad de competición.

Opción B. Realizar una distancia/duración de esfuerzo ligeramente inferior, al de competición con una intensidad más elevada. Por ejemplo, 4 repeticiones de 20 segundos con una intensidad superior a la de competición.

Opción C. Realizar un esfuerzo ligeramente superior con una intensidad lo más próxima posible a la de competición: por ejemplo, 3 repeticiones de 40 segundos con una pausa de descanso de 10 minutos entre cada repetición.

Figura 5.18. Opciones de entrenamiento en forma de repeticiones de un especialista en esfuerzos de 30 segundos



Cuando se emplean las distancias de competición, son situaciones óptimas de entrenamiento la utilización de la propia competición o la imitación de la distancia

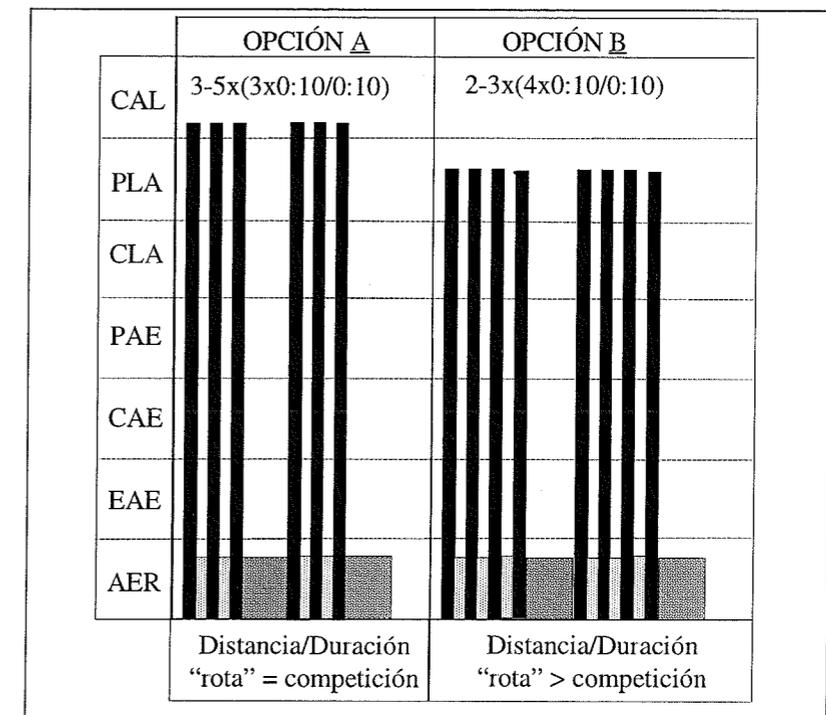
de la prueba «rompiéndola» en distancias más pequeñas. Estas posibilidades se utilizan mucho en natación y se les conoce como series rotas y series simuladoras (tabla 5.4):

Tabla 5.4. Ejemplos de series rotas y series simuladoras en natación

Distancia del nadador/a	Series rotas	Series simuladoras
100 metros	1-4x(4x25m/5'')/10'	1-4x(50m/10''-25m/5''-25m)/10'
200 metros	1-3x(4x50m/10'')/15'	1-3x(100m/10''-50m/10''-50m/10'')
400 metros	1-2x(4x100m/15'')/20'	1-2x(200m/20''-100m/15''-50m/10''-50m/10'')/20'
800 metros	1-2x(8x100m/15'')/30'	1-2x(300m/30''-200m/20''-100m/10''-4x50/m5'')/30'
1500 metros	1x(15x100m/15'')	1x(500m/50''-400m/40''-300m/30''-200m/20''-100)

Si continuamos con el especialista de resistencia de corta duración, cuyo esfuerzo en competición es de 30 segundos, podría utilizar las siguientes opciones de entrenamiento de la competición (figura 5.19):

Figura 5.19. Opciones de entrenamiento en forma de series de un especialista en esfuerzos de 30 segundos



Opción A. Realizar el esfuerzo de competición fraccionándolo en esfuerzos más cortos con pausas de descanso muy breves, haciendo coincidir el volumen total en cada serie con la duración del esfuerzo. Por ejemplo, 3 series de 3 repeticiones con 10 segundos de descansos entre cada repetición y un descanso completo entre las series.

Opción B. Realizar el esfuerzo de competición fraccionándolo en esfuerzos más cortos con pausas de descanso muy breves, haciendo que el volumen total en cada serie sea ligeramente superior a la duración del esfuerzo. Por ejemplo, 3 series de 4 repeticiones con 10 segundos de descansos entre cada repetición y un descanso completo entre las series.

La intención principal de estos entrenamientos es preparar la competición, integrando las capacidades específicas del rendimiento de la especialidad en las condiciones propias de rendimiento de la prueba, a través de la estructura táctica adecuada (distribución del esfuerzo). No obstante, se debe prever que se producirán efectos positivos de adaptación en aquellos factores dominantes de cada especialidad (figuras 5.20, 5.21 y 5.22)

Figura 5.20 Efectos del entrenamiento con el método de competición y control en las pruebas de resistencia de corta duración.

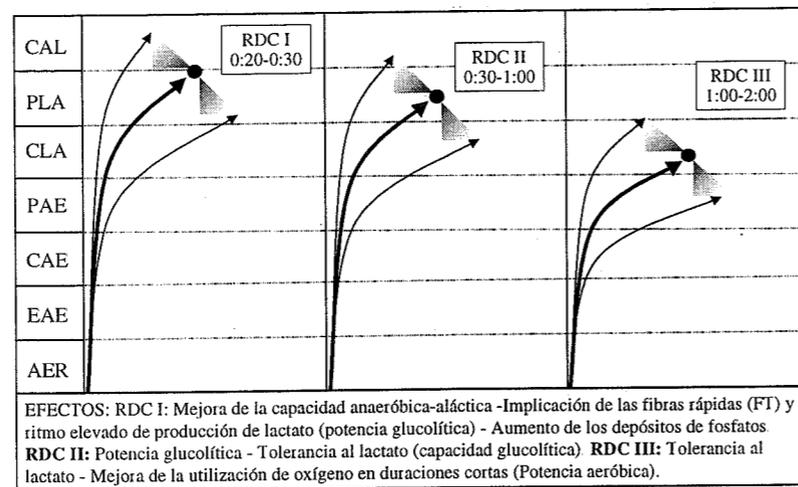


Figura 5.21. Efectos del entrenamiento con el método de competición y control en las pruebas de resistencia de media duración.

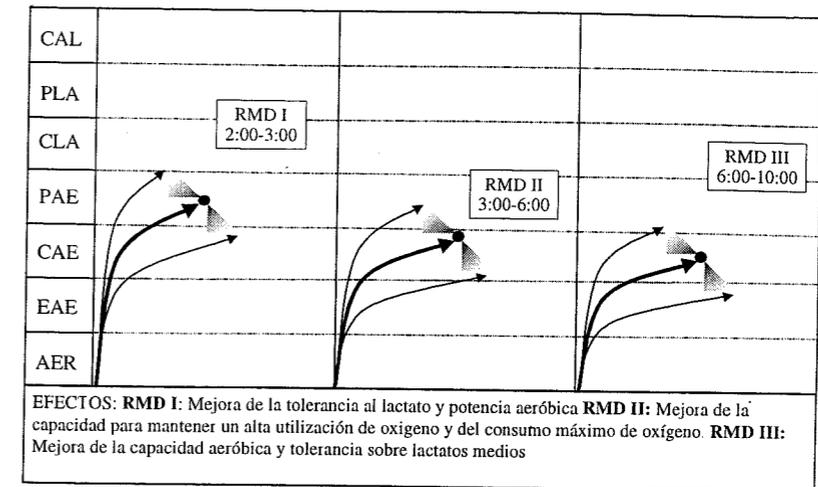
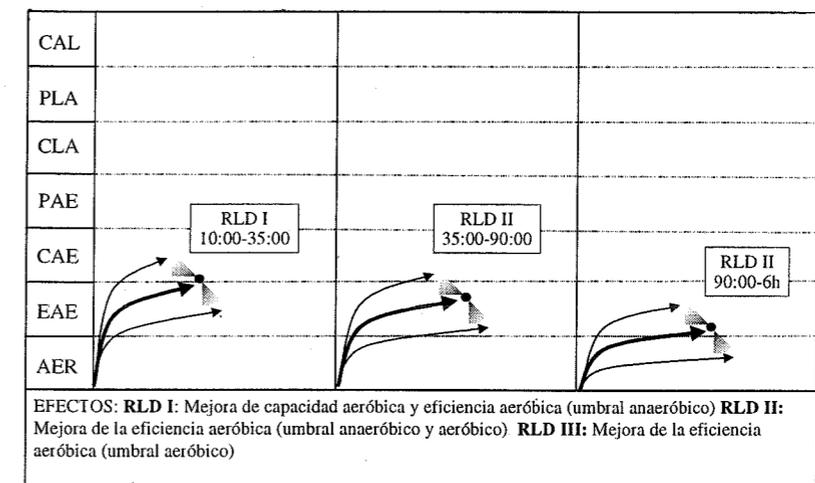


Figura 5.22. Efectos del entrenamiento con el método de competición y control en las pruebas de resistencia de larga duración.



El método de competición se aplica como *preparación directa* para la *competición* o bien en el *período competitivo* (diseño convencional) o *mesociclo de realización* (diseño contemporáneo). También se emplea como sistema de valoración o control (*método de control*) debido a que sus resultados permiten interpretar el efecto del entrenamiento realizado.

6. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE BASE

El desarrollo de la resistencia es una tarea compleja debido a que en la mayoría de los deportes existen combinaciones de componentes aeróbicas y anaeróbicas. En consecuencia, con el fin de alcanzar una adaptación compleja del organismo se deben utilizar varios de los métodos y variantes que se han señalado en la sección anterior.

Conociendo los *factores decisivos para el rendimiento de los distintos tipos de resistencia* (véanse capítulos 3 y 4) y los *efectos principales de los métodos de entrenamiento* (véase capítulo 5), se podrán tomar las decisiones más convenientes para la selección de los métodos más oportunos y lograr el mejor resultado.

No obstante, conviene señalar también que en el alto rendimiento los efectos fisiológicos de un sistema no deben ser solamente el criterio para seleccionar un método de entrenamiento determinado. También debe tenerse en cuenta el beneficio psicológico del método. Además de los objetivos de entrenamiento fisiológicos se han de buscar, en determinadas ocasiones, también otros como la *voluntad de decisión y acción*, la *dureza consigo mismo*, la *capacidad de superarse para conseguir un mejor rendimiento*, la *resistencia a la carga específica de la situación competitiva* o la *tolerancia para el estrés* (Zintl, 1991; 127)

6.1. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE BASE

Desde el punto de vista metodológico, el entrenamiento de la resistencia de base tiene unas connotaciones diferentes según el tipo de deporte. Es evidente que el tipo de resistencia de base que necesita un lanzador es muy distinta a la de un futbolista o la de un atleta de medio fondo. En el caso del *lanzador*, la resistencia no es decisiva

para el rendimiento competitivo sino para mejorar su capacidad de recuperación y poder soportar una elevada cantidad de entrenamiento, competiciones largas y el estrés competitivo. El *futbolista* requiere un nivel de resistencia suficiente para soportar los volúmenes bastantes elevados de carácter interválico y de distintas vías energéticas que se producen durante el juego. Por último, el *mediofondista* necesita de una buena reserva de resistencia para producir mayores incrementos de la resistencia específica de su especialidad.

Es necesario distinguir los métodos de entrenamiento y los contenidos del mismo según el tipo de resistencia de base que más se relacione con la especialidad o deporte de referencia. Por tanto, en la metodología del entrenamiento de la resistencia de base es característica la selección de métodos de entrenamiento con efectos análogos (economización del nivel funcional, desarrollo de la capacidad aeróbica, estabilidad funcional, etc.).

En la tabla 6.3 se muestra un resumen de las características de entrenamiento de los distintos tipos de resistencia de base: *resistencia de base I*, *resistencia de base II*, *resistencia de base III*.

6.1.1. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE BASE I (RB I)

Este tipo de resistencia de base es típico de modalidades que no son de resistencia (halterofilia, gimnasia artística, esquí alpino, saltos, lanzamientos, modalidades de velocidad, gimnasia rítmica, tiro con arco, esgrima, etc.), en las que el enfoque de su entrenamiento debe evitar que se puedan perjudicar otras capacidades físicas más relevantes para el logro de un alto rendimiento en dichas modalidades. Por esta razón es recomendable la adquisición de la base suficiente aeróbica sin volúmenes elevados y limitando el empleo del *método continuo extensivo* y el *método interválico extensivo medio* con el fin de no facilitar que se produzcan efectos negativos para la estructura de las fibras rápidas anaeróbicas (fibras IIb) por mayor acentuación de las fibras oxidativas (I y IIa).

Una forma apreciada para desarrollar la resistencia de base I mediante el método interválico extensivo es la estructuración de la tarea en *forma de circuito*, con duraciones de trabajo en cada estación entre los 45 y 60 segundos.

El empleo del *método interválico intensivo muy corto* favorecerá el aumento de los depósitos de fosfato y la capacidad metabólica aeróbica en el caso de un alto volumen, sin perjuicio de los efectos negativos que hemos señalado anteriormente.

La extensión del programa para el desarrollo de la resistencia de base I no será muy largo. Por lo general, en las primeras 3 a 8 semanas de comienzo de la temporada (tabla 6.1).

Tabla 6.1. Un ejemplo de métodos de entrenamiento para el desarrollo de la resistencia de base I

Métodos utilizados	Ejemplos de tareas	Frecuencia semanal	Momento de aplicación en la temporada
Continuo extensivo	1 x 20 a 30 min 1 x 10 a 15 min <i>Correr, remar, pedalear, etc</i>	1 x semana 2 x semana	En la fase general del período preparatorio durante 3 a 6 semanas o en el mesociclo de acumulación durante 1-2 semanas.
Interválico extensivo medio	8 - 10 x 60 s /1:30 m (en circuito)	1 - 2 x semana	
Interválico intensivo muy corto	5 - 8 x (4x10s /2 m)/10 m <i>Correr, salto de cuerda muy rápido, etc</i>	2 - 3 x semana	

Los ejercicios más empleados tienen un carácter general no ligado a la modalidad deportiva como: la carrera, natación, saltar la cuerda, circuitos, remar, esquí de fondo, etc.

Para mayor información, véase la tabla 6.3

6.1.2. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE BASE II (RB II)

Para el entrenamiento de la RB II se debe utilizar principalmente el *nivel de desarrollo I* (2-4 mmol/l de lactato) y en menor medida el *nivel de desarrollo II* (6-8 mmol/l de lactato) (véase figura 3.1 y tabla 3.2). El volumen total de trabajo que se destine al entrenamiento de estos niveles de desarrollo varían en función del deporte, del tipo específico de resistencia (RDC, RDM, RDL) y del nivel de experiencia en el entrenamiento.

Los ejercicios que se empleen en el entrenamiento de la RB II deben tener una *estructura igual o similar a la de la técnica* de la modalidad (correr para los corredores, remar para los remeros, nadar para los nadadores, etc.). Son igualmente válidos los entrenamientos con *aparatos simuladores* (cicloergómetro para ciclistas, cinta rodante para corredores, remoergómetro para remeros, etc) y los *circuitos específicos* que incluyen ejercicios de estructura similar al deporte.

En la tabla 6.3 se muestran los métodos de entrenamiento más convenientes para mejorar la RBII, así como otros aspectos importantes con su entrenamiento. Como ya

hemos mencionado, la intervención y combinación de estos métodos se orienta en función del tipo de resistencia. En la figura 6.2 se muestran las diferencias en el entrenamiento de la resistencia para distintas pruebas de carrera. Como se puede ver, el entrenamiento de RBII varía en función del tipo de resistencia característica de cada especialidad.

6.1.3. LA RESISTENCIA DE BASE III (RB III)

La RB III es la resistencia característica de los deportes de equipo (tabla 3.3.)

Los deportistas de éstos tienen que tener un nivel de resistencia suficiente para poder realizar unos volúmenes de carga bastante elevados con carácter interválico, donde se alternan de forma irregular y frecuente las vías anaeróbico-alactácidas, anaeróbico lactácidas y aeróbica. Por ello, los métodos más convenientes son el *método continuo variable* y los *métodos interválicos intensivos corto y muy corto*.

Tabla 6.2. Entrenamiento de la resistencia en distintas pruebas de carrera
Adaptado de Hirvonen (1991)

	VELOCIDAD	RESISTENCIA DE VELOCIDAD	POTENCIA MAXIMA AEROBICA	UMBRAL ANAEROBICO	UMBRAL AEROBICO
Efectos	-recursos de velocidad -energía anaeróbica aláctica -potencia anaeróbica	-capacidad anaeróbica -tolerancia de lactato -energía anaeróbica lactica	-VO ₂ máx - resistencia aeróbica-anaeróbica -amortiguamiento de la producción de ácido láctico	-umbral anaeróbico oxidación de los hidratos de carbono	-umbral aeróbico -oxidación de las grasas
Velocidad de carrera	ritmo de 100/200 m	A Ritmo de 400 m B Ritmo de 800 m	C Ritmo de 1500 m D Ritmo de 3000 m E Ritmo de 5000 m		
s/100 m	10-11 s	A 11-12 s B 12-14 s	C 14-16 s D 16-18 s E 17-19 s	18-20 s	20-24 s
Ejemplos	- 2-4x(4x60 m) - 10x10 lanzados	A 3-4x200 m/5-8' B 2x4x200m/1/3-5'	C 2x4x400m/1/3-5' 4x2x400m/30"/3-5' D 3-6x1000m/1-5' E. 4x2000m/1-5'	8-15 km	20-24 km
Lactato(mM/l)	6-12	A >18 B 15-18	C 8-12 D 6-10 E. 4-8	2-4	1-2
RB II en maratón					
RB II en pruebas de fondo					
RB II en 1500/800m					
RB II en 800/400m					

Los ejercicios deben tener una estrecha relación con los gestos deportivos si bien éstos deben poseer un carácter cíclico (carrera, saltos, etc.), siempre que se puedan intercalar movimientos o destrezas básicas típicas del deporte (rematar, lanzar, chutar, golpear, etc.). De esta forma se mejora la economía de movimientos. El entrenamiento cíclico de la RB III se sitúa sobre todo en el nivel de desarrollo I, es decir, en el nivel de transición aeróbica-anaeróbica (figura 3.1). El *método continuo variable* se adapta muy bien a las exigencias de este tipo de deportistas. Sin embargo, el método continuo extensivo debe utilizarse con precaución, enfocándose principalmente como *mantenimiento y recuperación* del nivel general de la condición física, debido a que si se emplease con fines de desarrollo de la resistencia la RBIII podría producir efectos negativos para la estructura de las fibras rápidas anaeróbicas (fibras IIb) por mayor acentuación de las fibras oxidativas (I y IIa).

El método *interválico intensivo corto* es muy apropiado para su empleo en forma de circuitos, incluyendo ejercicios específicos y elementos del movimiento competitivo. De esta forma, el deportista se familiariza con el cambio frecuente de formas de movimiento en combinación con modificaciones de carga.

Dada la dificultad en los deportes de equipo para disponer de tiempo para el desarrollo de la RB III, es aconsejable acentuar el entrenamiento de este tipo de resistencia en la *fase inicial de la temporada (8-12 semanas)* a razón de 2-3 horas semanales en el caso de una *periodización convencional* o de 3-5 semanas (4-5 horas semanales) en el primer mesociclo de *acumulación (diseño contemporáneo)*. El mantenimiento posterior de la RB III se puede mantener con cierta facilidad con *una sesión por semana* en combinación con el entrenamiento de otros componentes específicos (velocidad, táctica/técnica). Véase la tabla 6.3 para mayor ampliación de las características de entrenamiento.

Tabla 6.3. Características del entrenamiento de los distintos tipos de resistencia de base

Tipo de resistencia	Objetivos	Métodos de entrenamiento	Contenidos	Volumen	Observaciones
Resistencia de base I, RB I	<ul style="list-style-type: none"> soportar una elevada cantidad de entrenamiento y/o competiciones, largas y/o estíres competitivo sin bajar el rendimiento 	<ul style="list-style-type: none"> m. continuo extensivo. m. interválico extensivo medio (Circuitos). m. interválico intensivo muy corto. 	Utilizar ejercicios que impliquen las musculatura específica de la modalidad pero sin realizar el gesto específico. Por ej.: para halterofilia: carreras, lanzamientos, natación, saltos de cuerda, etc.	60 minutos/semana 1 sesión x semana con atención preferente a la RB (30-45 min.) y 1-2 sesiones complementarias (12-15 min.).	Solo para modalidades que no sean de resistencia. Halterofilia, gimnasia deportiva, esquí alpino, modalidades de atletismo de velocidad, salto, lanzamientos. Un volumen elevado podría tener efectos negativos (por acentuación de las fibras oxidativas del tipo I y IIA)
Resistencia de Base II, RB II	<ul style="list-style-type: none"> Crear una base sólida y estable para el entrenamiento específico de las modalidades de resistencia. Aumento de nuevas reservas para mayores incrementos de rendimiento 	<ul style="list-style-type: none"> m. continuo intensivo. m. continuo variable. m. interválico extensivo largo m. interválico extensivo medio m. repeticiones largo. 	Ejercicios con estrecha relación con el gesto deportivo o con estructura similar.	Varía mucho en función del deporte, del tipo específico de resistencia (RCD, RMD, RLD) y del nivel de entrenamiento	Solo para modalidades de resistencia. La combinación de los métodos y la intervención de cada uno de ellos se orienta ante todo en relación con la modalidad de resistencia
Resistencia de base III, RB III	<ul style="list-style-type: none"> Creación de un nivel de resistencia suficiente para soportar lo elevados relativamente interválico de los deportes colectivos y de lucha. Familiarización con el frecuente cambio de la forma de movimiento en combinación con modificaciones de la carga 	<ul style="list-style-type: none"> m. continuo variable m. interválico intensivo muy corto. m. interválico intensivo corto (especialmente en circuitos) 	Ejercicios cercanos a la modalidad deportiva: - fútbol: correr y saltar, lanzar. - balonmano: correr y saltar+lanzar. - voleibol: saltar y rematar - baloncesto: correr+ saltar+lanzar. - lucha y judo: gimnasia de suelo sencilla y circuitos. - esgrima: correr, saltar y tocar, etc.	2-3 horas x semana en 8-12 semanas.	Solo para deportes colectivos y de combate. Tienen especial importancia el entrenamiento en circuito con carga interválica intensiva incluyendo ejercicios específicos y elementos del movimiento competitivo.

7. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA ESPECÍFICA

Se entiende por resistencia específica los distintos tipos de resistencia: RDC, RDM y RDL I, II, III y IV.

La selección de los métodos de entrenamiento más adecuados para el desarrollo de los distintos tipos de resistencia específica se lleva a cabo mediante la búsqueda de aquellos métodos que consiguen una transformación del nivel de RB II a la resistencia específica o bien que implican una carga compleja (en cuanto a la condición física, la técnica del movimiento, la condición psíquica), contrariamente al entrenamiento de la resistencia de base donde la selección de los métodos de entrenamiento más convenientes se hacía a través de la búsqueda de efectos análogos (véase capítulo 6).

La transformación de la RB II a resistencia específica se puede llevar a cabo por medio de las siguientes orientaciones:

- Duración de las cargas menor que las de competición (entre 40-87%) e intensidad próxima o incluso superior a la competitiva (5-10%). Volumen total de 2 a 5 veces mayor que la duración/distancia de la competición. Para ello se emplean los métodos interválicos y los de repeticiones.

Ejemplo: Un nadador de 200 metros libres cuya marca personal es de 2 minutos realiza 5x100 metros entre 65 segundos (aprox. 95% de la intensidad competitiva) y 59 segundos (aprox. 101% de la intensidad competitiva).

- Duración de las cargas mayor que las de competición (50-150%) con alternancia de intensidades competitivas en duraciones/distancias parciales menores que las de competición e intensidades bajas en otras duraciones/distancias intercaladas. Para lograrlo se pueden utilizar el método continuo variable y los métodos interválicos.

Ejemplo: Un nadador de 200 metros libres cuya marca personal es de 2 minutos realiza 400 con el método continuo variable alternando 50 metros aproximadamente a 29 segundos (mayor velocidad que la competitiva) y 50 metros a 33 segundos (aprox. 10% inferior a la intensidad competitiva). La carga total se aumenta el 100%.

3. Duración de las cargas de competición en las intensidades límites (95-100% del rendimiento máximo actual).

Ejemplo: Un nadador de 200 metros libres cuya marca personal es de 2 minutos realiza un intento sobre 200 metros tratando de acercarse lo más posible a su marca personal.

Sin embargo, estos sistemas no se pueden aplicar continuamente debido al excesivo desgaste que producen y el mayor tiempo de recuperación que necesitan. De ahí que el volumen anual sea muy limitado (aproximadamente un 10%) y que el mayor porcentaje lo cubran en los niveles de esfuerzo básico y de desarrollo I y II (véase figura 3.1 y tabla 3.2).

Las bases generales que se deben tener en cuenta para el diseño de los entrenamientos son las siguientes:

- combinar las variables de entrenamiento con el fin de obtener su conformidad a determinado objetivo fisiológico,
- el nivel de respuesta fisiológica,
- emplear el suficiente estímulo para el desarrollo.

7.1. ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE DURACION CORTA (RDC: 35S-2M)

Para el rendimiento de la RDC son determinantes la mejora de la capacidad anaeróbica y la aeróbica.

En cuanto a la capacidad anaeróbica conviene tener en cuenta que en los tiempos inferiores (35-45 segundos) son más importantes las vías energéticas *anaeróbicas alactácidas* (disponibilidad energética de los depósitos de fosfatos) y *lactácidas* (ritmo de glucólisis) y la *tolerancia a la acidez* en los tiempos superiores a los 90 segundos - 2 minutos.

La contribución energética por vía aeróbica es mayor en las duraciones próximas a los dos minutos, si bien en esfuerzos cortos de 35 a 45 segundos la contribución energética llega a alcanzar el 35% del total.

Los métodos adecuados para el desarrollo de los aspectos aeróbicos y anaeróbicos de la RDC se señalan en la tabla 7.1.

Tabla 7.1 Aspectos parciales de la mejora anaeróbica y aeróbica determinantes del rendimiento de la RDC y métodos de entrenamiento adecuados

	Aspectos parciales	Métodos adecuados
Mejora anaeróbica	<i>Aumento de los depósitos de fosfato</i>	<ul style="list-style-type: none"> • competitivo con distancias inferiores (5-10%) • interválico intensivo muy corto • repeticiones corto
	<i>Eleuada producción de fosfato</i>	<ul style="list-style-type: none"> • competitivo con distancias inferiores (5-10%)
	<i>Mejora de la producción de lactato</i>	<ul style="list-style-type: none"> • competitivo con distancias superiores (10%) • repeticiones corto
	<i>Capacidad de amortiguamiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> • interválico intensivo corto
	<i>Mejora de la tolerancia a la acidez</i>	<ul style="list-style-type: none"> • competitivo con distancias superiores (10%) • repeticiones medio
Mejora aeróbica	<i>Regulación producción/eliminación de lactato (RB II)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • continuo intensivo • interválico extensivo largo
	<i>Mejora de la eliminación de sustratos y residuos metabólicos (RB II)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • interválico extensivo largo

Si la RDC es de aproximadamente 45 segundos se debe tener en cuenta que la potencia glucolítica es la meta fisiológica más importante. Su entrenamiento se puede llevar a cabo de acuerdo con las indicaciones que se señalan en la figura 7.1. y en la tabla 7.2.

Figura 7.1. El entrenamiento de la RDC según determinadas metas fisiológicas

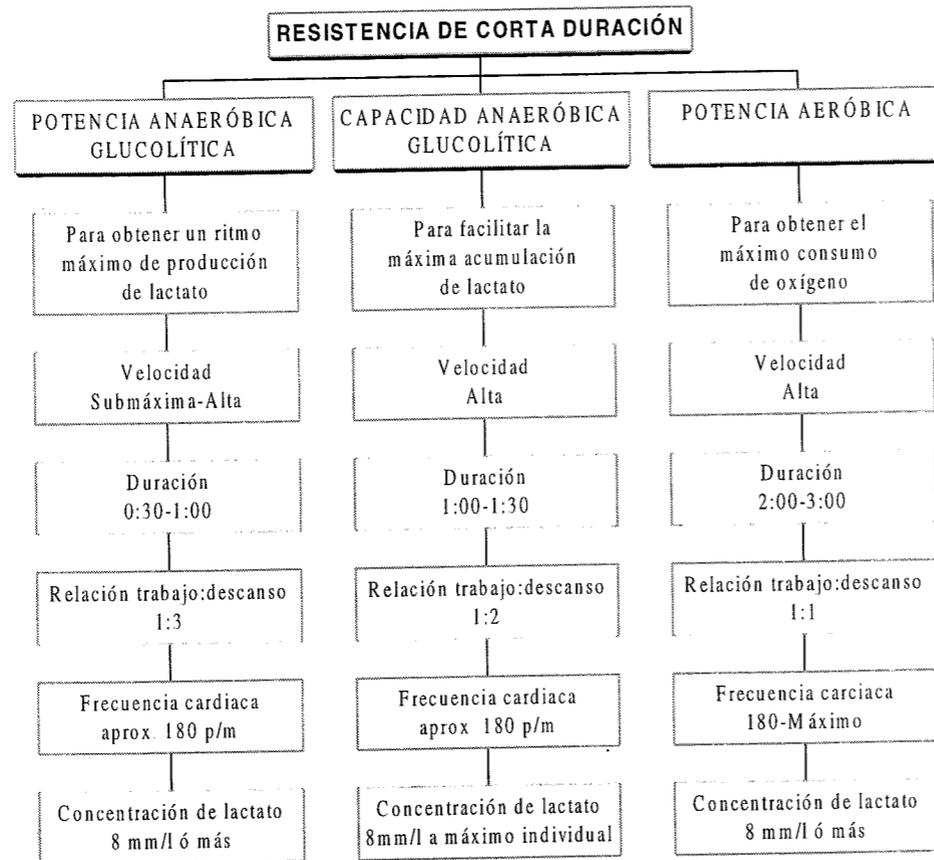


Tabla 7.2. Variantes de entrenamiento para la potencia anaeróbica glucolítica

Variante	Fórmula de entrenamiento	Observaciones
<i>Entrenamiento interoalico</i>		
1	4x(3x30 s Vsub/30 s)/10 m	Deben realizarse con ejercicios de respiración y relajación entre las repeticiones; trabajo de intensidad baja y flexibilidad entre las series. El nº de series tiene que corregirse basándose en el mantenimiento de la velocidad
2	3x(3x45 s Valt/45 s)/10 m	
3	3x(3x45 s Valt/1 m:30 s)/12 m	
4	2x(5x45 s/Valt/3 m)10 m	
<i>Entrenamiento de repeticiones</i>		
5	3x1 m Valt/3 m 2-3 series con suficiente descanso	El nivel de velocidad debe mantenerse
6	(4x1 m Valt/3-4-5 m) 2-3 series con suficiente descanso	El alargamiento del descanso permite elevar la velocidad
7	(1mValt/3m+45sValt/3m+30sVsub) 2-3 series con suficiente descanso	El acortamiento del tiempo de trabajo también permite la elevación de la velocidad al final de la serie
<i>Control de tiempo</i>		
8	Distancia que corresponde a 45 s	Para valorar el resultado, lactato y mantenimiento de la frecuencia de movimiento

Si la RDC es de aproximadamente 1:15 minutos se debe tener en cuenta que la capacidad glucolítica es la meta fisiológica más importante. Su entrenamiento se puede llevar a cabo de acuerdo con las indicaciones que se señalan en la figura 7.1 y en la tabla 7.3.

Tabla 7.3. Variantes de entrenamiento de la capacidad anaeróbica glucolítica

Variante	Fórmula de entrenamiento	Observaciones
<i>Entrenamiento interoalico</i>		
1	3x(8x1 m Valt/ 3 m)/12 m	Debería realizarse con ejercicios de respiración y relajación entre repeticiones; trabajo de baja intensidad y flexibilidad entre series.
2	3x(4x1 m Valt/3-2-1 m)/10 m	
3	3x(3x1 m:30 s Valt)/3 m	
4	3x(1:30s/2m+1m/2m+45s/2m)/10m	
<i>Entrenamiento de repeticiones - series rotas</i>		
5	4x(4x30 s Valt/10s)/4 m	Esto es una modelación de la ejecución competitiva de distancias que corresponden a 2-4 minutos
6	3x(6x45 s Valt/15s)/8 m	
<i>Entrenamiento continuo variable</i>		
7	10x(45 s Val + 2 m Vlig)	Combinación típica para entrenamiento al aire libre
8	8x(1 m Valt + 2 m Vlig)	
<i>Control de tiempo</i>		
9	Distancia que corresponde a 1:30 s	Para valorar los resultados, lactato y mantenimiento de la frecuencia de movimientos

Si la RDC es de aproximadamente 2:00 minutos se debe tener en cuenta que la potencia aeróbica glucolítica es la meta fisiológica más importante. Su entrenamiento se puede llevar acabo de acuerdo con las indicaciones que se señalan en la figura 7.1 y en la tabla 7.4.

Tabla 7.4. Variantes de entrenamiento de la potencia aeróbica máxima

Variante	Fórmula de entrenamiento	Observaciones
<i>Entrenamiento interoalico</i>		
1	2x(5x2 m Valt/1 m)/15 m	La velocidad tiene que mantenerse próxima al nivel que corresponde al control de tiempo sobre la distancia de 4 minutos. La velocidad tiene que aumentarse según los casos anteriores
2	2x(3x3 m Valt/3 m)/15 m	
3	3x(5x2 m aumentando la velocidad desde Vmed hasta Valt)/15'	
<i>Entrenamiento interoalico variable</i>		
4	3x(1 m Vmed/+ 1 m más rápido + 1 m Valt)/3 m 2-3 series en una sesión	La velocidad inicial de cada repetición tiene que aumentarse; el último paso del entrenamiento debería ejecutarse con máximo esfuerzo
<i>Entrenamiento continuo variable</i>		
5	5x(4 m Vlig + 2 m Valt)	Recomendado para entrenamiento al aire libre
<i>Entrenamiento de control</i>		
6	Distancia que corresponde a 4 min	Para valorar el resultado, poner atención a los valores de lactato

7.2. ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE DURACION MEDIA (RDM: 2M-10M)

El aumento de la capacidad aeróbica es la principal determinante para la capacidad de rendimiento de la RDM, especialmente en sus aspectos parciales de mejora del sistema de transporte de oxígeno y capilarización, así como un buen aprovechamiento de la utilización de glucógeno.

La mejora de la capacidad anaeróbica se debe centrar especialmente en la tolerancia para el lactato.

Los métodos adecuados para el desarrollo de la capacidad aeróbica y anaeróbica se señalan en la tabla 7.5.

Tabla 7.5 Aspectos parciales de la mejora aeróbica y anaeróbica determinantes del rendimiento de la RDM y métodos de entrenamiento adecuados

	Aspectos parciales	Métodos adecuados
Mejora aeróbica	Mejora del sistema de transporte de oxígeno (volumen/minuto)	<ul style="list-style-type: none"> continuo intensivo interválico extensivo largo extensivo medio
	Aprovechamiento del glucógeno en aerobiosis	<ul style="list-style-type: none"> continuo intensivo
	Capilarización	<ul style="list-style-type: none"> continuo intensivo interválico extensivo largo interválico extensivo medio
Mejora anaeróbica	Tolerancia al lactato	<ul style="list-style-type: none"> interválico extensivo medio interválico extensivo corto repeticiones largo competiciones con distancias inferiores (20%)

Si la RDM está próxima a los 2:00 minutos se debe tener en cuenta que la potencia aeróbica glucolítica es la meta fisiológica más importante. Su entrenamiento se puede llevar a cabo de acuerdo con las indicaciones que se señalan en la figura 7.1 y en la tabla 7.4. Si se alarga entre los 2:00 y 6:00 minutos, la capacidad aeróbica cobra mayor importancia. También la capacidad circulatoria central, la movilidad aeróbica y el aumento de las reservas de oxígeno en la mioglobina pueden favorecer el rendimiento en este tipo de resistencia. Su entrenamiento se puede realizar con las indicaciones de la figura 7.2 y las tablas 7.4., 7.6 y 7.7.

Figura 7.2. El entrenamiento de la RDM según determinadas metas fisiológicas

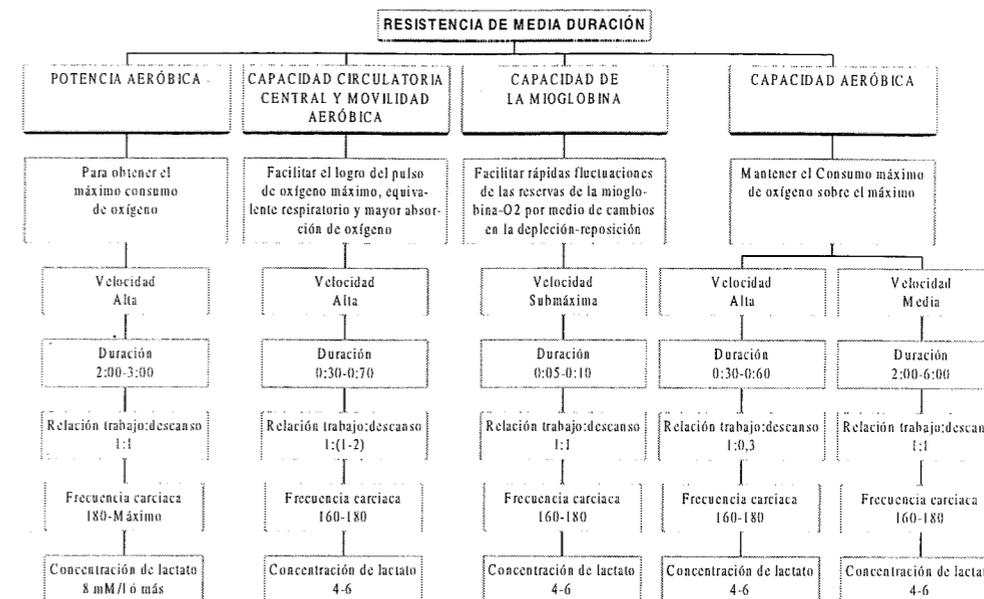


Tabla 7.6 Variantes de entrenamiento de la capacidad circulatoria central y movilidad aeróbica (1-5) y capacidad de la mioglobina (6-8)

Variante	Fórmula de entrenamiento	Observaciones
<i>Entrenamiento interválico</i>		
1	2-3x(10x30 s Valt/10 s)/10 m	La elevación de la FC sobre 180 p/m; el intervalo de descanso activo facilita la disminución de la FC hasta 120 p/m
2	3x(6x70 s Valt/1 m:30 s)/10 m	
3	20x30 s Vmed/30 s	
<i>Entrenamiento continuo variable</i>		
4	6x(30 s Valt + 45 s Vbaj)	Debe determinarse la intensidad real de trabajo y descanso
5	12x(30 s Valt + 1 m:30s Vbaj)	
<i>Entrenamiento de la capacidad de la mioglobina</i>		
6	20x5 s Vsub/5 s	Vigilar el nivel de esfuerzo ajustado a velocidad, frecuencia de movimientos y recorrido por ciclo
7	10x10 s Valt/10 s	
8	10x(10 s Valt + 10 s Vbaj)	

Tabla 7.7. Variantes de entrenamiento de la capacidad aeróbica

Variante	Fórmula de entrenamiento	Observaciones
<i>Entrenamiento intervánico</i>		
1	4x(8x30 s Valt/10 s)/8 m	La velocidad debe ser próxima al control de tiempo de la distancia que corresponde a 3 minutos
2	4x(6x45 s/20 s Valt)/10 m	
3	5x3 m Vmed/1 m:30 s	Mantener velocidad constante
4	3x6 m Vmed/3 m	
5	6 m/3m Vmed+5m/3m Vmed+4m Vmed	El acortamiento del tiempo de trabajo permite elevar la velocidad al final del entrenamiento
<i>Entrenamiento continuo variable</i>		
6	6x(1 m Valt + 2 m Vlig)	La intensidad del descanso activo tiene que ser vigilada
7	6x(20 s Vsub + 1 m Vmed + 2 m Vlig)	Las velocidades y la frecuencia de movimiento se deben preparar con anterioridad
<i>Control de tiempo</i>		
8	Distancia que corresponde a 8-9 m	Utilizar también para valorar el nivel de rendimiento

7.3. ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE DURACION LARGA I (RDL I : 10M-35M)

Es de importancia fundamental un elevado VO_2 máx y un alto umbral anaeróbico. También es necesaria una cierta tolerancia a la acidez ante valores medios de lactato

Los métodos adecuados para la mejora aeróbica y anaeróbica se señalan en la tabla 7.8.

Tabla 7.8. Aspectos parciales de la mejora aeróbica y anaeróbica determinantes del rendimiento de la RDL I y métodos de entrenamiento adecuados

	Aspectos parciales	Métodos adecuados
Mejora aeróbica	Mejora del VO_2 máx	• continuo intensivo
	Aprovechamiento del glucógeno en aerobiosis	• continuo intensivo
	Capilarización y aumento del corazón	• intervánico extensivo largo
	Mejora del umbral anaeróbico	• continuo intensivo
	Trabajo cardíaco	• intervánico extensivo medio
	Ampliación de la vía aeróbica	• continuo variable
Mejora anaeróbica	Tolerancia a la acidez ante valores medios de lactato	• repeticiones largo (cargas de duraciones de 3-8 min) • competiciones con distancias inferiores (30%)

Si la RDL se sitúa entre los 10:00 y 30:00 minutos, la eficiencia aeróbica es la meta fisiológica más importante. Su entrenamiento se puede llevar a cabo de acuerdo con las indicaciones que se señalan en la figura 7.3 y en la tabla 7.9.

Figura 7.3. El entrenamiento de la RLD según determinadas metas fisiológicas

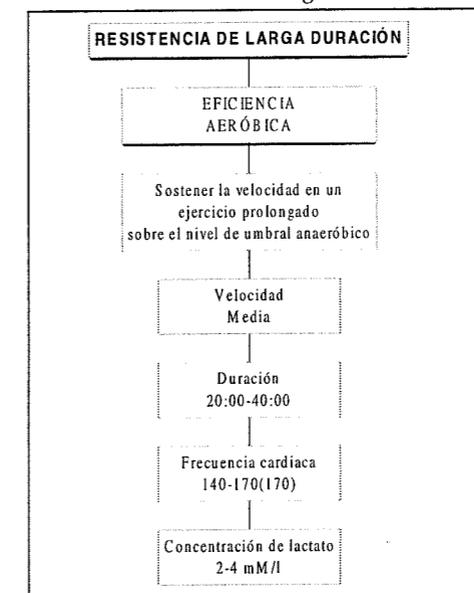


Tabla 7.9. Variantes de entrenamiento de la eficiencia aeróbica

Variante	Fórmula de entrenamiento	Observaciones
<i>Entrenamiento interoalico</i>		
1	3x20 m Vmed/3 m	Mantener la velocidad constante; es posible aumentar la frecuencia de movimiento si el efecto dinámico de las acciones de propulsión disminuyen
2	2x40 m Vlig/5 m	
<i>Entrenamiento continuo uniforme</i>		
3	30 m Vmed	Es mejor realizar el trabajo en pequeños grupos, y si es posible, al aire libre
4	60 m Vlig	
<i>Entrenamiento continuo variable</i>		
5	3x(15 s Vsub + 10 m Vmed)	Debe darse suficiente motivación mientras se realiza el trabajo de alta intensidad
6	3x(45 s Valt + 10 m Vlig)	
<i>Control de tiempo</i>		
7	Distancia que corresponde a 20 min	Debe valorarse el resultado general y la diferencia entre los resultados de la primera y la segunda mitad

7.4. ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE DURACION LARGA II (RDL II : 35M-90M)

El nivel de umbral anaeróbico y el VO_2 máx son decisivos. Los aumentos de los depósitos del glucógeno y su mejor aprovechamiento también colaboran de forma decisiva en el rendimiento de la RDL II.

Ante la aportación energética, aunque todavía muy reducida, de la oxidación de las grasas, también se deben contemplar los métodos que aporten posibilidades de su desarrollo.

Los métodos adecuados para la mejora aeróbica se señalan en la tabla 7.10.

Tabla 7.10. Aspectos parciales de la mejora aeróbica determinantes del rendimiento de la RDL II y métodos de entrenamiento adecuados

	Aspectos parciales	Métodos adecuados
Mejora aeróbica	<i>Elevar el umbral anaeróbico</i>	• continuo intensivo
	<i>Aprovechamiento del glucógeno en aerobiosis y aumento de los depósitos</i>	• continuo intensivo • interválico extensivo largo (15 min)
	<i>Mejora del VO_2max</i>	• interválico extensivo largo (15 min) • continuo variable • continuo intensivo
	<i>Familiarización con la carga de competición</i>	• competiciones con distancias inferiores (30-40%)
	<i>Oxidación de las grasas</i>	• continuo extensivo
	<i>Ampliación de la vía aeróbica</i>	• continuo variable

7.5. ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE DURACION LARGA III (RDL III : 90M-6 H)

El umbral anaeróbico, la oxidación de las grasas para contribuir a la energía aeróbica y el aumento de los depósitos del glucógeno colaboran de forma decisiva en el rendimiento de la RDL III.

Los métodos adecuados para la mejora aeróbica de la RDL III se señalan en la tabla 7.11.

Tabla 7.11. Aspectos parciales de la mejora aeróbica determinantes del rendimiento de la RDLIII y métodos de entrenamiento adecuados

	Aspectos parciales	Métodos adecuados
Mejora aeróbica	<i>Oxidación de las grasas</i>	• continuo extensivo (más de 2 horas)
	<i>Elevar el umbral anaeróbico</i>	• continuo intensivo
	<i>Aumento de los depósitos de glucógeno</i>	• interválico extensivo largo (15 min) • continuo intensivo
	<i>Familiarización con la carga de competición</i>	• competiciones con distancias inferiores (50%)
	<i>Mejora del VO_2max</i>	• continuo intensivo
	<i>Ampliación de la vía aeróbica</i>	• continuo variable • interválico extensivo largo (3-15 min)

7.6. ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE DURACION LARGA IV (RDL IV : MÁS DE 6 H)

El incremento de la oxidación de las grasas, la fuerte degradación de las proteínas y las elevadas pérdidas de agua y electrolitos tienen la máxima influencia en este tipo de resistencia.

Los métodos adecuados para la mejora aeróbica de la RDL IV se señalan en la tabla 7.12.

Tabla 7.12. Aspectos parciales de la mejora aeróbica determinantes del rendimiento de la RDL IV y métodos de entrenamiento adecuados

	Aspectos parciales	Métodos adecuados
Mejora aeróbica	Oxidación de las grasas	<ul style="list-style-type: none"> continuo extensivo (más de 2 horas) idem partiendo en ayunas
	Aumento de los depósitos de glucógeno	<ul style="list-style-type: none"> interválico extensivo largo (15 min) continuo intensivo
	Familiarización con la carga de competición	<ul style="list-style-type: none"> competiciones con distancias inferiores (40-50%) ingiriendo líquidos e hidratos de carbono
	Ampliación de la vía aeróbica	<ul style="list-style-type: none"> continuo variable continuo intensivo

Como síntesis de lo expuesto en los capítulos anteriores, se muestra en la tabla 7.13 un cuadro que permite una visión conjunta de métodos de entrenamiento que en mayor medida se ajustan a los objetivos de rendimiento de cada uno de los tipos de resistencia.

Tabla 7.13. Características de entrenamiento de los distintos tipos de resistencia específica

Tipo de resistencia	Objetivos	Métodos de entrenamiento	Observaciones
Resistencia de Corta Duración, RCD	Mejora de la capacidad anaeróbica	<ul style="list-style-type: none"> m. interválico intensivo muy corto. m. repeticiones corto. m. competitivo con distancias inferiores (5-10%). m. interválico intensivo corto. m. repeticiones medio. m. competitivo con distancias superiores (10%) m. continuo intensivo m. interválico extensivo largo 	Las vías energéticas alactáctas (fosfatos) y lactáctas (glicólisis) son más decisivas en los tiempos más cortos (35-45 seg.). La tolerancia a la acidez es más importante en los tiempos superiores a 90 seg.
Resistencia de Media Duración, RMD	Mantenimiento o aumento de la capacidad aeróbica	<ul style="list-style-type: none"> m. continuo intensivo m. interválico extensivo largo m. interválico extensivo medio 	Del 20-35% de la energía producida es de tipo aeróbico. Además, en las duraciones superiores, próximas a los 2 min. la parte aeróbica es más importante que la anaeróbica. El sistema de transporte de oxígeno (cardiovascular), la capilarización y una efectiva utilización de glucógeno son de gran importancia.
Resistencia de Larga Duración I, RLD I	Mejora de la capacidad aeróbica	<ul style="list-style-type: none"> m. interválico intensivo medio m. interválico intensivo corto m. repeticiones largo m. competitivo con cargas inferiores (20%) m. continuo intensivo interválico extensivo largo m. continuo variable m. interválico extensivo medio m. repeticiones largo (3-8 min). m. continuo intensivo m. interválico extensivo m. continuo variable m. interválico extensivo largo m. competitivo en distancias inferiores 	La tolerancia para el lactato es más decisivo que su producción (potencia), especialmente en duraciones superiores a los 4 minutos. Los métodos de entrenamiento se señalan en orden de preferencia dada la mayor importancia que se debe dar al VO_{2max} sobre el U_{an}
Resistencia de Larga Duración II, RLD II	Mejora de la capacidad aeróbica	<ul style="list-style-type: none"> m. continuo intensivo m. interválico extensivo largo m. continuo variable m. interválico extensivo largo m. competitivo en distancias inferiores 	Los métodos de entrenamiento se señalan en orden de preferencia dada la mayor importancia que se debe dar al U_{an} sobre el VO_{2max}

8. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN CONDICIONES ESPECIALES

Con el fin de desarrollar la resistencia se emplean, además de los distintos métodos de entrenamiento ya expuestos en capítulos anteriores, otras formas de trabajo que reúnen unas ciertas condiciones para su realización. Éstas son: el *entrenamiento de altura* y el *entrenamiento aeróbico con resistencias adicionales*.

8.1. EL ENTRENAMIENTO EN ALTURA

El interés por el entrenamiento en altitud empezó con los planes de preparación para la Olimpiada de 1968, debido a las fuertes condiciones climáticas de altitud de la ciudad de México.

La revisión bibliográfica referente a los efectos de la altura sobre la fisiología del deportista pone de manifiesto acuerdos y desacuerdos. Son normalmente los científicos y entrenadores del campo del entrenamiento deportivo los que abogan en mayor medida por los beneficios del entrenamiento de altura (Volkov 1979; Fuchs and Reiss 1990; Troup 1990; Navarro 1992; Navarro 1995; Terrados 1996) mientras que los científicos de la medicina deportiva suelen presentar mayores reservas (Shephard and P.O. 1992; Bueno 1997; Coward 1997). Los resultados que han llegado a nuestro alcance resultan a veces contradictorios, si quien los analiza no tiene una visión clara del problema desde el punto de vista fisiológico y bioquímico (Alonso, Iznaga et al. 1989).

A pesar de la literatura abundante sobre estudios de la adaptación con el entrenamiento en altura, «uno de los problemas mayores con estos estudios es la falta de un

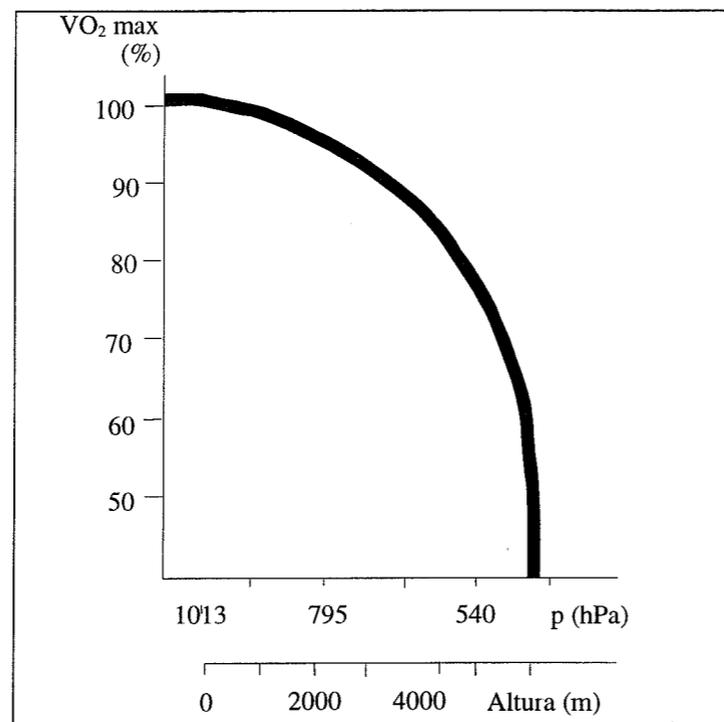
grupo de control, donde un grupo equivalente realice el mismo programa de entrenamiento a nivel del mar. Sin un grupo de control, es difícil separar la mejora en el rendimiento como causa del entrenamiento en altitud» (Smith y Sharkey 1984, p.54).

Muchos son los factores que influyen en el organismo del deportista en altitudes superiores a 1600 metros. La radiación solar, la ionización de la atmósfera, la deficiencia de oxígeno, los factores climáticos específicos, etc. provocan modificaciones considerables en el proceso de entrenamiento y aumentan el rendimiento en competición.

8.1.1. EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO EN ALTURA

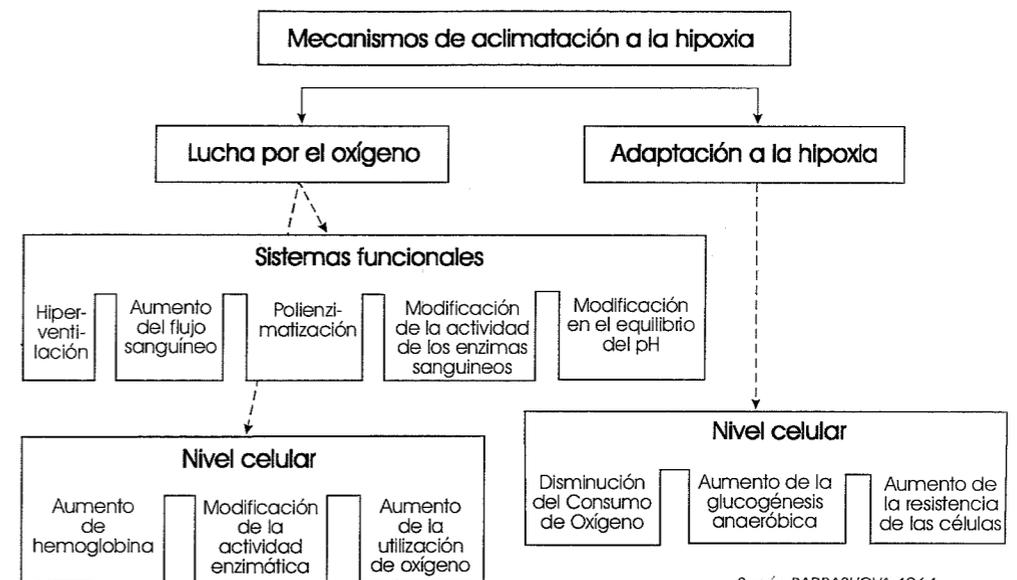
La disminución de la presión barométrica es la causa básica de todos los problemas de la hipoxia, puesto que conjuntamente con ella, lo hace proporcionalmente la presión parcial de O_2 en los alveólos pulmonares, lo cual desencadena una serie de alteraciones dentro del organismo que constituyen la base para utilizar el entrenamiento en la altura, como un medio auxiliar dentro del proceso de entrenamiento deportivo (figura 8.1).

Figura 8.1. El consumo máximo de oxígeno en relación con la presión atmosférica. Según Cerretelli y Ferretti (1990)



Los mecanismos de adaptación a la hipoxia se producen ante la falta de oxígeno, viéndose afectado el organismo a nivel funcional y celular (figura 8.2). La disminución del consumo máximo de oxígeno parece que afecta más a los deportistas con un elevado nivel aeróbico que a personas sedentarias. En el estudio realizado con ciclistas de élite (Terrados, Mizuno et al. 1985) se confirmó que "la altitud no afecta más a los deportistas de alto nivel aeróbico que a las personas sedentarias, sino que demuestran que en el caso de deportistas de élite, hay una disminución significativa de su consumo máximo de oxígeno ya a los 900 metros de altitud, sin que las personas sedentarias se vean afectadas a esa altitud". La causa de esta respuesta diferencial se atribuye a factores relacionados con la Capacidad de Difusión Pulmonar en relación con la superficie corporal o en relación con el valor absoluto de consumo máximo de oxígeno.

Figura 8.2. Mecanismos de adaptación a la hipoxia



Según BARBASHOVA 1964

Alvira y colaboradores (1990) aportan como respuestas inmediatas y tardías a la aclimatación a la altura las siguientes:

Respuestas inmediatas

- Aumento de la Respiración
- Aumento del gasto cardíaco.
- Aumento de la hemoglobina.
- Cambios en la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno.
- Alcalinización de la sangre.
- Aumento de la mioglobina.
- Cambios en las enzimas celulares.
- Aumento en la redistribución del flujo sanguíneo.

Respuestas tardías

- Conservación de la utilización de glucosa.
- Cambios en la secreción hormonal.
- Alteración de las vías metabólicas celulares.
- Aumento del número de mitocondrias.
- Retorno al pH sanguíneo normal.
- Aumento en la formación de hemoglobina.
- Recuperación del flujo sanguíneo normal.

Terrados señala como las aplicaciones más interesantes del entrenamiento en altura *las mejoras de la vía energética oxidativa y de la mioglobina, el componente de transporte de oxígeno, la capacidad anaeróbica y la mejora de la capacidad tampón muscular* (Terrados, 1996).

La *mejora de la vía energética oxidativa y de la mioglobina*, y por consiguiente, la mejora en la capacidad aeróbica, puede superarse en deportistas de alto nivel aeróbico, sin que se aprecien cambios significativos en el Consumo Máximo de Oxígeno. Para ello habría que entrenar esta cualidad a base de entrenamientos con la suficiente intensidad y duración (similares a los que se harían si se estuviera a nivel del mar). Para este tipo de mejora, al ser independiente de la variación o no del componente hematológico, pudiera ser de interés realizar los entrenamientos (el estímulo metabólico) en altura y la recuperación (fase anabólica de adaptación y compensación) a nivel del mar (en situación de normoxia), ya que algunos autores opinan que la hipoxia pudiera tener un efecto inhibitor en la síntesis protéica, por lo que esa fase de síntesis podría ser mejor, si se realiza en condición de normoxia relativa (Terrados 1996).

La *mejora del componente de transporte de oxígeno* (con especial incidencia en su efecto en el rendimiento post-altitud) es beneficiosa por el aumento en los glóbulos rojos y hemoglobina y el posible aumento en la densidad capilar muscular y en la mioglobina, pero será necesario que la estancia en altura sea de al menos, 3-4 sema-

nas. Pudiendo ser mejor aún realizar los entrenamientos (sobre todo, los de calidad) a nivel del mar y la vida cotidiana en altura (Terrados 1996).

La *mejora de la capacidad anaeróbica* podría mejorar con los entrenamientos en altura, en estancias no necesariamente largas (10-14 días) manteniendo las intensidades y ritmos de trabajo anaeróbicos que se harían a nivel del mar, y no interfiriéndola con el trabajo de otras cualidades metabólicas (Terrados 1996).

La *capacidad tampón muscular* mejoraría con entrenamientos en altura de suficiente calidad/intensidad. Los datos de que se disponen en la actualidad parecen indicar que esta cualidad cambiaría con estancias cortas de unos 10 días (Terrados 1996).

8.1.2. ASPECTOS PREVIOS A TENER EN CUENTA EN EL ENTRENAMIENTO EN ALTURA

El entrenamiento en altitud presenta dos problemas bien diferenciados según el objetivo que se pretende alcanzar:

1. La aclimatación a la altura cuando se va a competir en ella.
2. El entrenamiento en altura con el objetivo de competir a aumentar las cargas de entrenamiento durante la reaclimatación a nivel del mar.

Es el segundo aspecto el que trataremos de desarrollar en este capítulo.

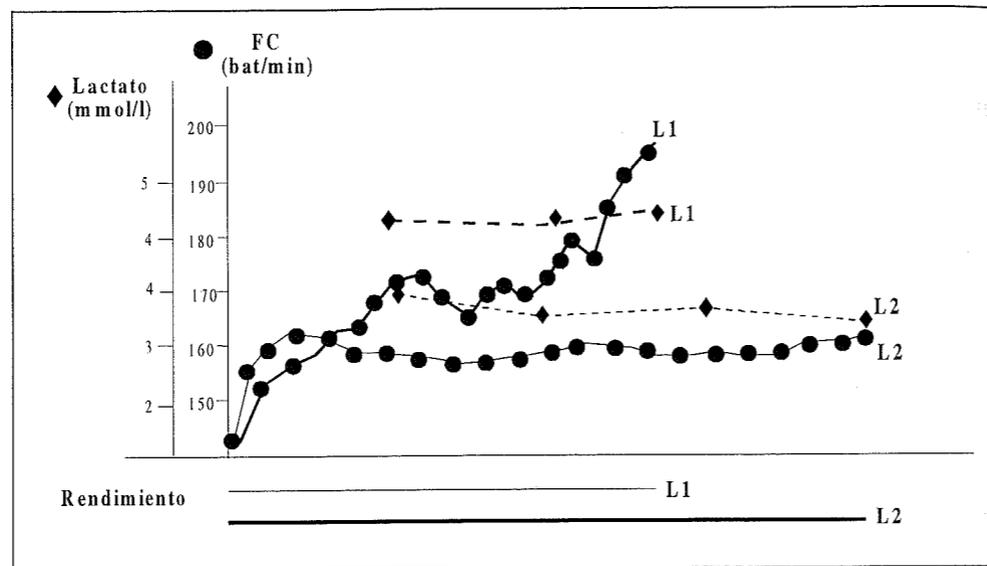
El *grado de respuesta* al entrenamiento de altura antes de subir a cubrir un entrenamiento en altura se va a ver condicionado por una serie de factores, los cuales pueden afectar a los posibles beneficios que se esperan del mismo en cuanto a la mejora del rendimiento. El estudio preciso de los mismos y la previsión que sobre ellos se haga, serán la garantía de unas condiciones óptimas para el comienzo del entrenamiento en altitud.

Experiencia anterior. Cuanto más se entrena en altura, más rápida es la adaptación. Además, las experiencias anteriores ayudan a conocer mejor las respuestas individuales de los deportistas, y su mayor o menor disposición al entrenamiento en altitud. Por este motivo, no parece aconsejable "experimentar" con una primera estancia en altura para un deportista en la fase de preparación directa para su competición principal.

Nivel de entrenamiento alcanzado anteriormente. El entrenamiento en altitud exige un *buen nivel de resistencia*. Es aconsejable disponer por tanto de una buena base aeróbica previa. Un deportista entrenado se ve menos afectado por la agresión de la estancia en

altura. En un estudio realizado con ciclistas de diferente nivel de rendimiento (figura 8.3), la respuesta a un esfuerzo aeróbico-anaeróbico fue más estable para el más entrenado en relación con la respuesta de la concentración de lactato y la frecuencia cardíaca (Fuchs y Reiss 1990).

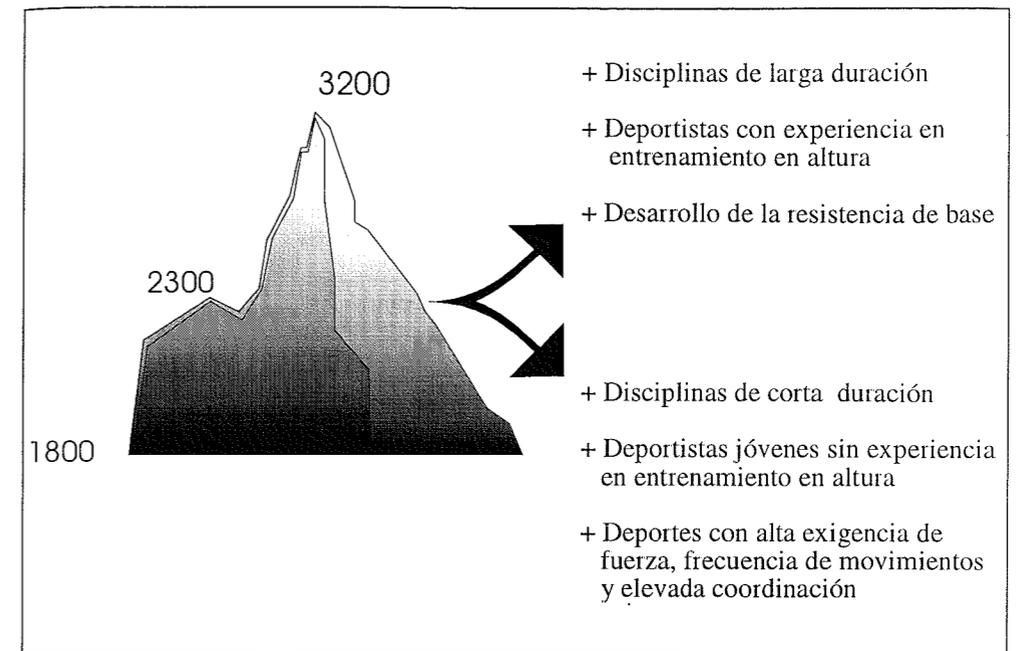
Figura 8.3. Reacción de la frecuencia cardíaca y la concentración de lactato en un entrenamiento aeróbico-anaeróbico bajo condiciones de hipoxia en ciclistas de diferente rendimiento (Fuchs y Reiss 1990)



Altura «efectiva». Existe un acuerdo notable entre los técnicos que la altitud más recomendable está entre los 1800 y 2800 metros (Karikosk 1983). Alturas superiores dificultan la realización del entrenamiento y alturas menores no permiten modificaciones significativas propias del entrenamiento en altura.

En este sentido, podría ser especialmente recomendable, si las circunstancias lo permitiesen, que las alturas mayores (próximas a los 3.000 metros) se utilizasen para deportistas con experiencia, y especialmente, para especialistas de resistencia de larga duración, y las alturas más bajas para especialistas de resistencia de corta y media duración, justificándose esto último por el hecho de la necesidad de poder realizar entrenamientos más intensivos próximos a las condiciones de competición (figura 8.4).

Figura 8.4. Posibles criterios de selección de la altura para el entrenamiento



Estado de salud y alimentación. Se debe evitar subir con problemas de salud con el fin de no agravar aún más los riesgos propios de la altura (catarros, mareos, riesgos de deshidratación, etc.). Es conveniente llenar los depósitos orgánicos de hierro antes de iniciar la altitud, con el fin de disponer de bastante sustrato para el aumento de la eritropoyesis, así como aumentar la ingesta normal de hierro durante la estancia en altitud. Hay que recordar que el entrenamiento extenuante «per se» aumenta la hipoxia renal y estimula la producción de eritropoyetina, por lo que los entrenamientos duros en altura aumentarán la hipoxia renal aún más. Además conviene aumentar la ingesta o la suplementación de Vitamina C, Vitamina E y Magnesio (Fuchs y Reiss 1990).

Tiempo de permanencia en altura. Cuando se entrena en altura para preparar competiciones que se celebran a nivel del mar, la estancia en la montaña debe limitarse a 60-70 días anuales (3-4 estancias de 10 hasta 20-24 días de duración). Para mantener la efectividad del entrenamiento en altura, es indispensable en cada una de las concentraciones:

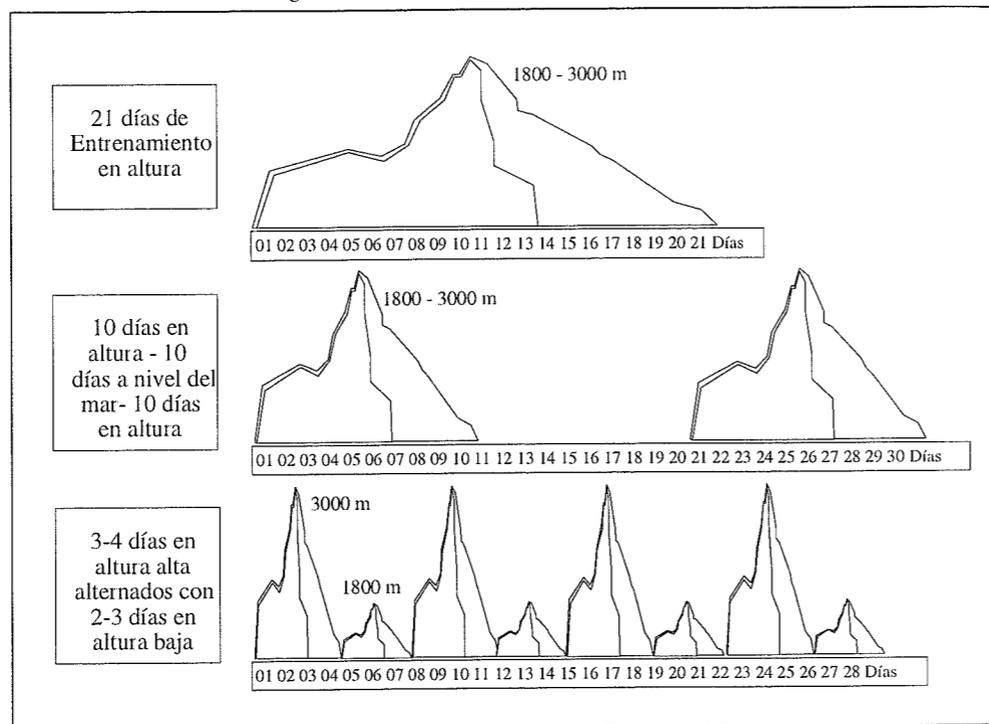
- Acortar gradualmente la duración del microciclo que corresponde a la fase de aclimatación aguda (desde 7-9 hasta 3-4 días).

- b) Acelerar el nivel de cargas alcanzado por el deportista a nivel del mar.
- c) Ir aumentando los niveles de altitud en sucesivas concentraciones de altitud, hasta 2800-3200 metros sobre el nivel del mar (Vaitserovsky,1985; Suslov,1985; ambos citados por Platonov,1991).

La aplicación sistemática del entrenamiento en altura provoca la adaptación del organismo de los deportistas y disminuye su efectividad. Por ello, han surgido nuevos enfoques: estancias cortas con cargas extremas para quebrantar el estereotipo habitual y un nuevo nivel de movilización de los recursos funcionales y de adaptación del organismo a los efectos del entrenamiento. Las combinaciones que se sugieren son las siguientes (figura 8.5):

- a. 2 estancias en altura de 10 días con una interrupción de 10 días.
- b. 2-4 estancias a más de 3000 metros de 3-4 días alternados con 2-3 días de estancia en altitudes inferiores (Suslov 1976).

Figura 8.5. Alternativas de estancias en altitud



Los últimos intentos se centran en:

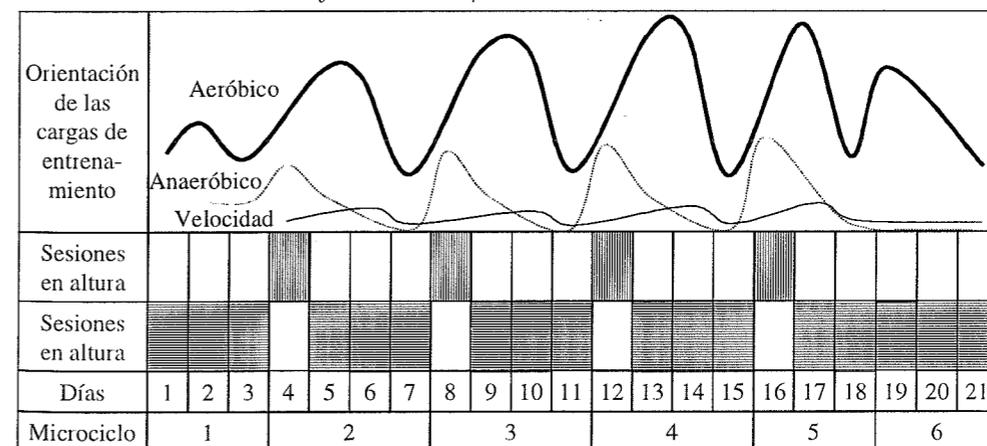
- a. Entrenar al nivel del mar de modo que el volumen y la especificidad del entrenamiento no se vean comprometidas, y

- b. Recuperar en altitud donde los efectos de la exposición a la altitud pueden causar un mayor nivel de sobrecompensación en el proceso de recuperación tras la estimulación del entrenamiento.

Este concepto es denominado "entrenar abajo, recuperar en altura" (TLRH, "train low, recover high"). En términos prácticos, este sistema pretende minimizar la recuperación al nivel del mar y maximizarla en altitud. Los investigadores finlandeses han desarrollado una "casa de nitrógeno" que simula las condiciones de altitud que es utilizada para vivir (altitud simulada) después de entrenar a nivel del mar. Se han hecho varios estudios en los que se observaron cambios hematológicos significativos en los deportistas que siguieron unas condiciones de vida TLRH durante 5 días y 11 días. (Levine y cols.; Levine y Stray-Gundersen 1992) demostraron que viviendo a 2500 metros y entrenando a 1250 metros se producían aumentos del consumo máximo de oxígeno y volumen sanguíneo y en los resultados de carrera en 5000 metros, superiores a grupos que entrenaban a 1250 metros. Las condiciones simuladas de TLRH también produjeron cambios en variables de rendimiento y sangre en ciclistas (Mattila y Rusko 1996).

En opinión del autor, tampoco deberían desecharse otras opciones como la de entrenar en altura con fines de desarrollo de la capacidad aeróbica, alternados con sesiones a nivel del mar para realizar entrenamientos anaeróbicos y de ritmo de la prueba (Navarro 1994). Este tipo de estancias alternativas, a nivel del mar y en altura, pueden ser especialmente recomendables para deportistas de resistencia de corta y media duración en una etapa de entrenamiento en que la competición principal esté próxima, ya que de esta forma se podrían realizar los entrenamientos intensivos necesarios y la preparación específica de competición de la especialidad de forma adecuada, algo que sería imposible en condiciones de altura. Una posible estructuración de los entrenamientos bajo estas condiciones se muestra en la figura 8.6.

Figura 8.6 Organización del entrenamiento en altura, desarrollando las sesiones anaeróbicas y/o de ritmo de prueba al nivel del mar



8.1.3. TIPOS DE ENTRENAMIENTO EN ALTURA

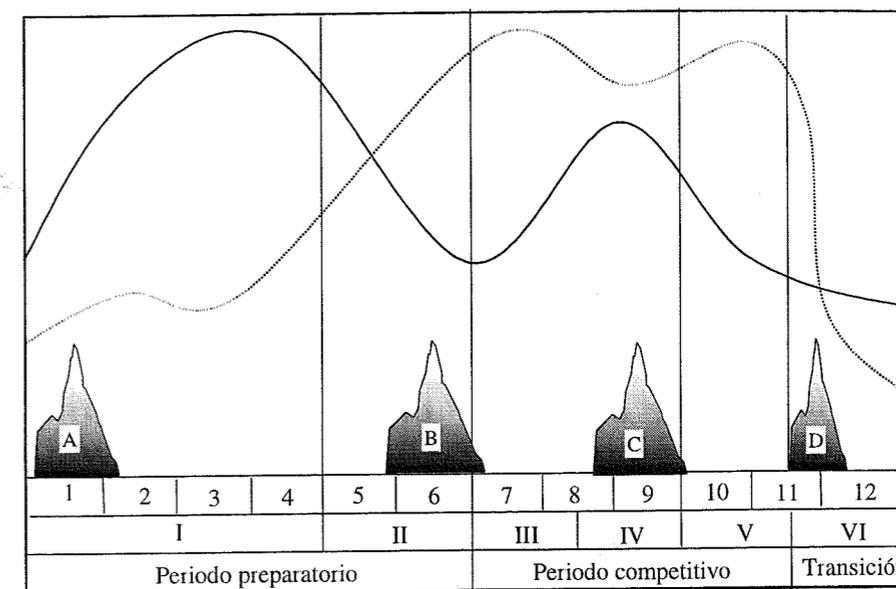
El entrenamiento en altura se puede emplear con diferentes intenciones según su ubicación en el ciclo de preparación. Los fines más usuales son los de desarrollar la base general necesaria para asimilar y rendir mejor en el trabajo posterior a nivel del mar (como preparación para el entrenamiento) o bien desarrollar las cualidades específicas del nadador de cara a la competición que se llevará a cabo posteriormente a nivel del mar (como preparación para la competición).

Según los objetivos que pretende el entrenamiento en altura, se distinguen cuatro tipos:

Tipo	Objetivo	Duración	Lugar en el ciclo de preparación
A	Mejora de la condición física general, especialmente la capacidad aeróbica.	10 días a 2 semanas	3ª a 4ª semana del ciclo de entrenamiento
B	Preparar para la alta intensidad relacionada con el rendimiento específico de la fase siguiente de entrenamiento	3 semanas	Después de la fase preparatoria y antes de la fase de énfasis en la calidad
C	Mejorar el rendimiento específico competitivo	3 semanas	16 a 21 días antes de la competición principal
D	Recuperar o regenerar después de la competición	6 a 10 días	Una semana después de la competición

Cada uno de estos tipos de entrenamiento en altura tendrá una ubicación idónea según el modelo de planificación del entrenamiento que se aplique al ciclo de preparación. Por ejemplo, en una planificación tradicional se emplearían en las distintas fases del plan que se señalan en la figura 8.7. con el fin de hacer coincidir los objetivos de cada tipo de entrenamiento en altura con las características y objetivos de entrenamiento propios de cada una de las fases de preparación.

Figura 8.7. Ubicación de los distintos tipos de entrenamiento en altura en una planificación del entrenamiento tradicional



En otros modelos de planificación, la ubicación del entrenamiento en altitud es de mayor complejidad. Por ejemplo, en un macrociclo integrado, un entrenamiento en altura con el objetivo de desarrollar la resistencia básica debería ubicarse en la fase general. Con el fin de respetar los objetivos de entrenamiento de la fase general de este macrociclo, sería conveniente desarrollar la fuerza básica de forma complementaria (figura 8.8).

En el modelo de planificación con cargas concentradas denominado *diseño ATR* (Navarro 1994), conviene ubicar el entrenamiento en altura entre el mesociclo de acumulación y el mesociclo de transformación, realizando la concentración de cargas de tipo aeróbico en la primera parte de la estancia en altitud, coincidiendo con los objetivos del mesociclo de acumulación, y desarrollando las cargas de tipo aeróbico intenso en la segunda parte, coincidiendo con los objetivos de entrenamiento del mesociclo de transformación (figura 8.9).

Figura 8.8. Un ejemplo de ubicación del entrenamiento en altura en un macrociclo integrado

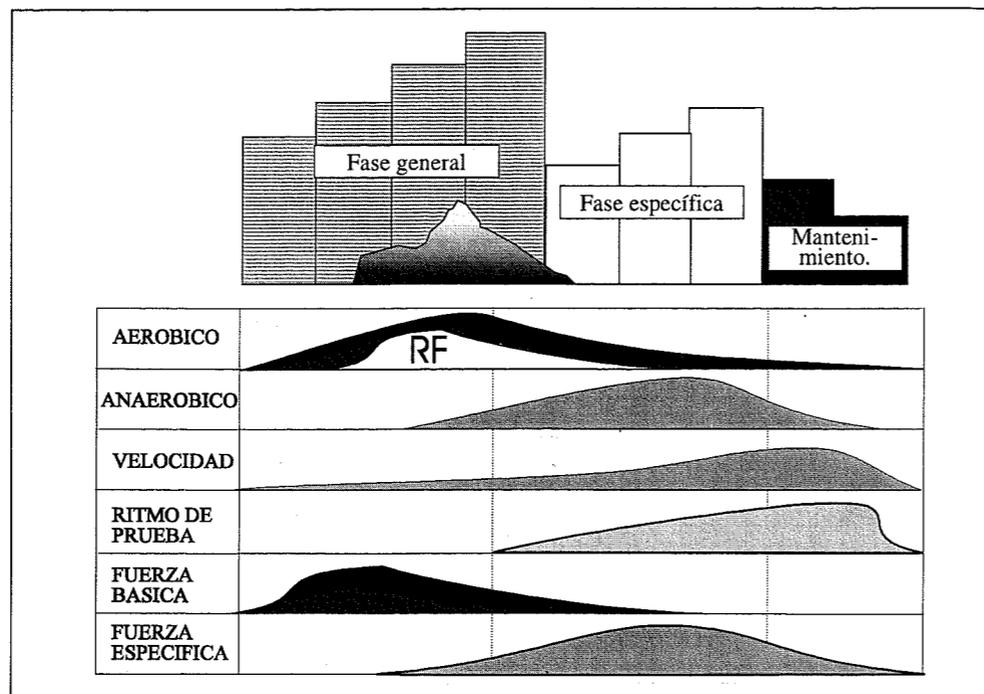
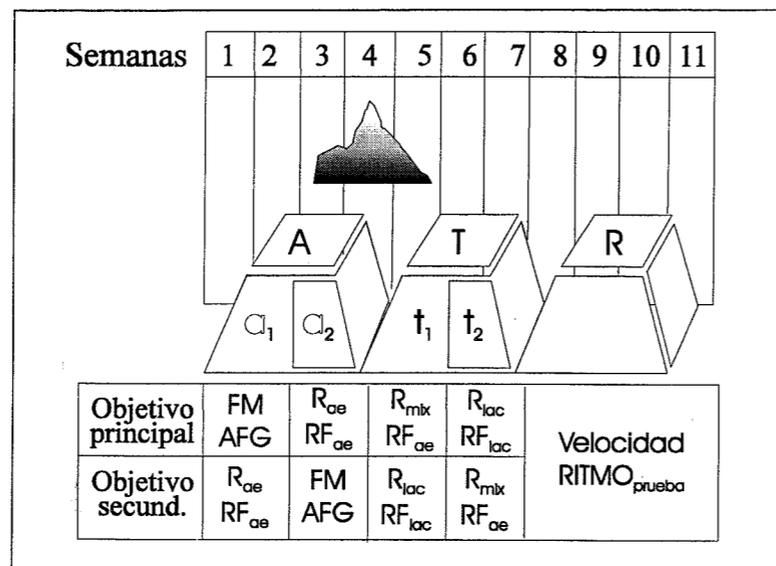
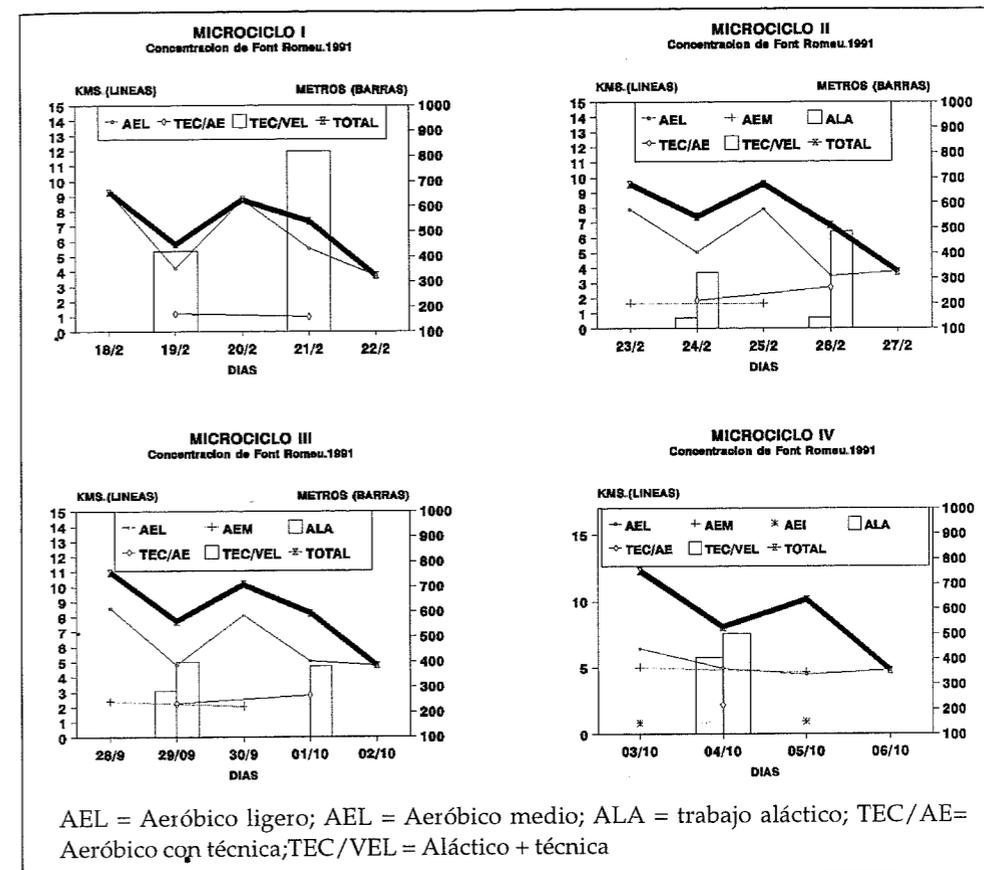


Figura 8.9. Un ejemplo de ubicación del entrenamiento en altura en un macrociclo ATR
(FM= fuerza máxima; AFG= Acondionamiento general; Rae= Resistencia aeróbica; Rfae= Resistencia de fuerza aeróbica; Rmix= Resistencia mixta; Rfmix= Resistencia de fuerza mixta; Rla= Resistencia láctica; Rfla= Resistencia de fuerza láctica)



En la figura 8.10 se muestran los cuatro microciclos de una concentración en altura (1700 m.) a principio de temporada (tipo A), donde priman los entrenamientos aeróbicos y técnicos (Navarro 1992).

Figura 8.10. Contenidos de entrenamiento en una concentración en altura para nadadores a principio de temporada. Según Navarro (1992)



AEL = Aeróbico ligero; AEM = Aeróbico medio; ALA = trabajo aláctico; TEC/AE= Aeróbico con técnica; TEC/VEL = Aláctico + técnica

En la tabla 8.1 se muestran distintos ejemplos de microciclos de entrenamiento característicos de cada tipo de entrenamiento en altura para nadadores. El aumento de la altura, los contenidos de entrenamiento y la duración y carga total de los microciclos facilitan el logro de los objetivos de cada tipo de entrenamiento dentro de cada ciclo de preparación.

Tabla 8.1. Ejemplos de microciclos de entrenamiento en distintos tipos de entrenamiento en altitud para nadadores

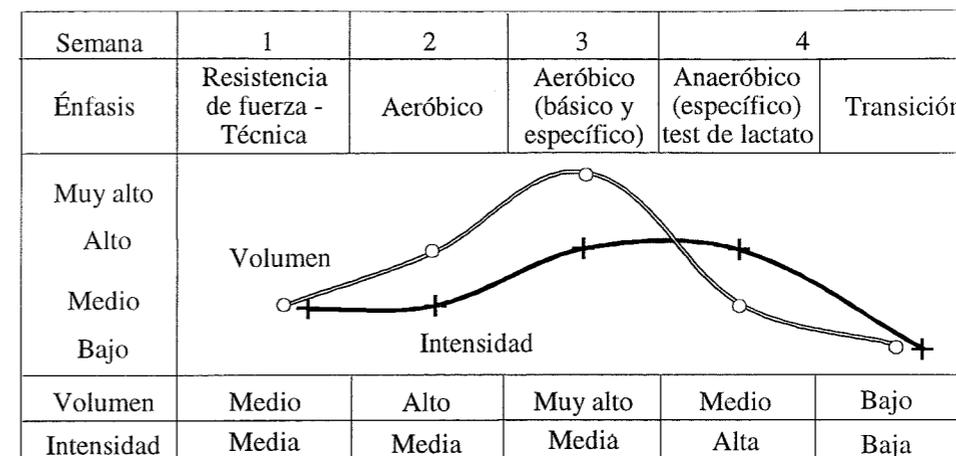
TIPO A Micro Mes Nº/año Altura	2 + 1/2 IX-X 1x año 1800 m.	DIA 1: 8:00-13.00 de entrenamiento en seco (esquiar, correr, juegos) 16:00-17:00 entrenamiento de fuerza 18:00-19:00 natación aeróbica DIA 2: igual que día anterior DIA 3: 8:00-10:30 ejercicios de fuerza especial 11:30-13:30 natación con muchos sprints cortos
TIPO B Micro Mes Nº/año Altura	2 + 1/2 II-III 1 x año 2000 m.	DIA 1: 8:00-9:00 carrera, gimnasia y fuerza general 11:00-12:30 natación 15:00-16:00 entrenamiento en seco 17:30-19:30: natación DIA 2: igual que el día anterior DIA 3: igual qu el el día anterior
TIPO C Micro Mes Nº/año Altura	3 + 1/2 V/VI/VII 2 x año 2700 m	DIA 1: 8:00-8:20 estiramientos 10:30-12:00 natación 15:00-16:00 entrenamiento en seco 17:00-18:00 natación 20:00-21:00 natación DIA 2: igual que día anterior DIA 3: por la mañana un tes sobre una distancia diferente en cada microciclo. 3000 (2) 1500 (4) 800 (5) y test de lactato (6) Por la tarde igual que día anterior DIA 4: propósito recuperación 9:00-10:00 entrenamiento en seco 11:00-12:30 natación aeróbica y algunos sprints cortos

8.1.4. COMO ENTRENAR ANTES DE LA ESTANCIA EN ALTURA

Ya se ha mencionado la importancia de llegar a la altura con una buena capacidad de entrenamiento acumulada, especialmente para los tipos B y C. La preparación previa debe planificarse meticulosamente, con una organización del entrenamiento que permita realizar los entrenamientos en altura sin condicionamientos debidos a la falta de preparación. Una fórmula adecuada puede ser la que se señala en la figura 8.11. Durante las cuatro semanas anteriores, se organiza el trabajo incidiendo en la adquisición de una buena base aeróbica en las primeras semanas y aumentando la intensidad en las últimas semanas. Con el fin de observar los efectos del entrenamien-

to en la altura, una vez se vuelva de nuevo al nivel del mar, puede ser útil realizar un test de lactacidemia en la cuarta semana que sirva de contraste con los que se realicen en altitud y posteriormente. Es importante no llegar excesivamente cansado a los entrenamientos en altura. Para ello, se recomienda la disminución de la carga de trabajo los últimos 2-3 días (fase de transición).

Figura 8.11. Organización del entrenamiento antes de comenzar el entrenamiento en altitud



8.1.5. COMO ENTRENAR EN ALTURA

Como ya se ha mencionado, los contenidos de entrenamiento en altura varían en función del tipo de objetivos que se presenten en los mismos. En cualquier caso, si bien los contenidos del entrenamiento pueden cambiar sustancialmente, se considera necesario respetar tres fases diferenciadas:

- 1) Una fase de *aclimatación* (3-5 días)
- 2) Una fase de *entrenamiento*.
- 3) Una fase de *asimilación y recuperación* (últimos 3-4 días)

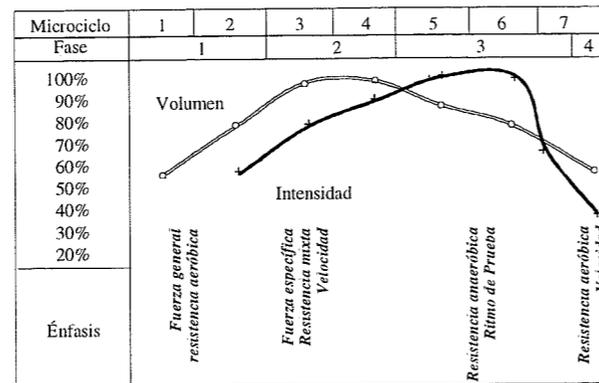
8.1.5.1 La fase de aclimatación

El entrenamiento consiste básicamente en trabajo aeróbico extensivo y *bajos volúmenes* de entrenamiento (figura 8.12).

8.1.5.2 La fase de entrenamiento

Se caracteriza por *elevados volúmenes* de entrenamiento, siendo en su primera parte principalmente aeróbico. En la segunda parte de esta fase se irán introduciendo progresivamente mayor número de entrenamientos anaeróbicos (el número depende del estado de desarrollo de cada individuo) (figura 8.12).

Figura 8.12. Dinámica de la carga y contenidos de entrenamientos preferentes durante el entrenamiento en altura



En la tabla 8.2 se muestra una síntesis de los contenidos de entrenamiento llevados a cabo por deportistas de natación en una estancia en altura de 21 días. Como puede observarse, los entrenamientos realizados en cada fase se adecuan de forma general, a las características señaladas en la figura 8.10, con las lógicas peculiaridades del entrenamiento de esta modalidad deportiva

Tabla 8.2. Síntesis de los contenidos de entrenamiento llevados a cabo por deportistas de natación en una estancia en altura de 21 días

Fase	1	2		3	4
		A	B		
Duración (día)	4-6	4-6	6-8	3	21
Velocidad aláctica (25)	2	2	4	2	10
Velocidad láctica (50)			2		2
Resistencia:					
2mM La	3	2	4	3	12
2-4 mM La	1	4	2	1	8
5-8 mM La		2	4		6
Batido de calidad		2	3	1	6
Brazos de calidad		2	3	1	6
Específicos:					
Ritmo prueba			2		2
Resistencia velocidad		1	2		3
Simulación			1-2		
Seco:					
Pesos ligeros	1	2	1	1	5
cargas pesadas		1	2		3
flexibilidad	3	1	1	1	6
otros	1-2			1	3
Masaje	2	4	8	1	15

Comparando con el entrenamiento a nivel del mar se deben tener en cuenta los siguientes aspectos del entrenamiento:

- trabajo aeróbico: la velocidad será más lenta que a nivel del mar.
- trabajo anaeróbico: en distancias muy cortas, la velocidad puede ser aproximadamente la misma que a nivel del mar. En distancias superiores será más lenta.
- si las intensidades son elevadas, las pausas de descanso deben ser más largas que a nivel del mar.

En esta fase se debe poner mucho cuidado con la distribución de las cargas de entrenamiento. En vez de fijar criterios rígidos de tiempos en series, es mejor poner atención en las reacciones y sensaciones experimentadas por los propios deportistas. La adaptación a la altitud y el período de descanso entre las cargas de entrenamiento debe ser extremadamente variable según el tipo de deportista. Esta recuperación puede ser mejorada o acelerada por medio de sesiones regulares de masaje. Durante esta fase es igualmente aconsejable considerar una gran parte de unidades de entrenamiento de resistencia como unidades de asimilación y recuperación.

8.1.5.3 Fase de asimilación y recuperación

Se caracteriza por una disminución de la intensidad y del volumen de entrenamiento. Debe permitir, durante los 5 a 6 días antes de volver al nivel del mar, una fácil asimilación del trabajo efectuado en la fase precedente y permitir una buena recuperación. El deportista no debe readaptarse a las condiciones de nivel del mar en estado de fatiga (figura 8.12).

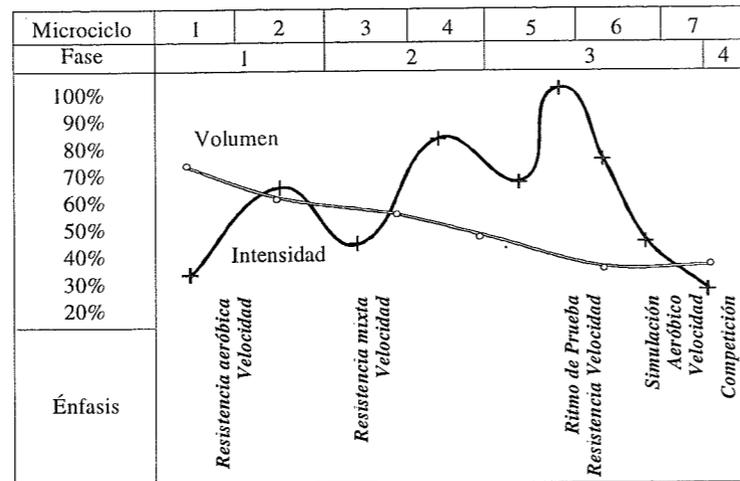
8.1.6. COMO ACTUAR EN EL REGRESO AL NIVEL DEL MAR

Los primeros cinco días a nivel del mar son tan importantes como las fases de adaptación en el comienzo del entrenamiento en altitud. La primera sesión dura se recomienda sobre el tercero o cuarto día; la primera competición debería tener lugar después de 6-8 días. Si esto no es posible, se puede reemplazar la competición con un entrenamiento intensivo. Generalmente, esta competición o entrenamiento suele ir muy bien. Siguiendo a esta sesión y durante 3 a 5 días, se pueden observar ciertos problemas en el entrenamiento. Pero desde el séptimo día empieza a ir bien de nuevo y se llega a un período de 10 días en que el efecto de altitud llega al máximo. Después de la primera competición o entrenamiento intensivo, el programa no difiere de una preparación «normal» para una competición importante, no olvidando hacer una intensificación sistemática y cargas más elevadas en algunas sesiones de entrenamiento importantes.

En la figura 8.13 se muestra la dinámica de la carga de entrenamiento y la organización de las cargas de entrenamiento en siete microciclos de tres días cada uno (21

días hasta la competición principal), después del entrenamiento en altura. Esta organización es típica de los entrenamientos en altura del tipo C. Los contenidos de entrenamiento se organizan con el fin de producir la descarga y preparar las condiciones específicas de rendimiento de la competición.

Figura 8.13. Dinámica de la carga y contenidos de entrenamientos preferentes después de un entrenamiento en altura de tipo C



Otra diferente estructuración del entrenamiento a nivel del mar, con vistas a la preparación de una competición importante, se muestra en la figura 8.14. El entrenamiento en altitud previo utilizado es del tipo B, y es empleado por nadadores chinos dentro de su preparación (Zhou Ming, 1990). En este caso, se realizan 11 semanas de entrenamiento al nivel del mar antes de la competición.

Figura 8.14. Un ejemplo de programa de altitud (tipo B) en la preparación para entrenamiento intensivo y de competición

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 semanas Entrenamiento en altura con énfasis en resistencia aeróbica			2 semanas Recuperación y adaptación		18 días Entrenamiento específico competitivo de alta intensidad		3 semanas y media Puesta a punto para la competición			

En la práctica se dan las siguientes variantes de la organización del entrenamiento antes de las competiciones:

1. Cuando uno participa en competiciones durante la primera semana después de una estancia en altura de 3-6 días, se recomienda un régimen de descarga, un volumen medio y una disminución relativa de la intensidad.

2. Cuando se participa en competiciones al final de la segunda semana:

- primer microciclo(2 días): régimen de descarga;
- Segundo microciclo(5-6 días): volumen medio y alta intensidad;
- tercer microciclo(5-6 días): asimilación, volumen bajo, intensidad relativa media.

3. Cuando se compite al final de la tercera semana:

- primer microciclo (2 días): régimen de descarga;
- segundo microciclo (5-6 días): primeros tres días de intensidad moderada; segundos tres días: alta intensidad con volumen medio;
- tercer microciclo (5-6 días): asimilación, volumen bajo, intensidad media (Suslov y otros,1987; citado por Platonov,1991).

Polunín (1990) señala que la respuesta de rendimiento después del entrenamiento en altitud responde a los siguientes aspectos:

1. La capacidad de trabajo se ve aumentada entre 3º-7º día. Se pueden conseguir excelentes resultados, especialmente el tercer día.
2. La capacidad de trabajo disminuye gradualmente al comienzo de la segunda semana aunque su nivel puede ser del algún modo algo más alto que al comienzo del entrenamiento de altitud.
3. Al comienzo de los días 10 a 13, la capacidad de trabajo aumenta gradualmente y las competiciones llegan a ser especialmente efectivas entre los días 18 a 24 de la reaclimatización.
4. La tercera «ola» de aumento de la capacidad de trabajo ocurre entre los días 36 a 50, pero no se manifiesta tan especialmente con aquéllos que compitieron durante la primera y segunda «olas».

Consecuentemente, el mejor rendimiento en una prueba se obtiene, según Polunín, entre el 3-4 y 18-20 días de reaclimatación después del entrenamiento de altitud. Para el mismo autor, esta regla es general para el 85-90% de los casos. Pero cada deportista tiene sus propias respuestas a través de su propia experiencia. Los registros y controles que se anoten en el diario de entrenamiento serán de gran ayuda al respecto.

8.2. EL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA CON RESISTENCIAS ADICIONALES

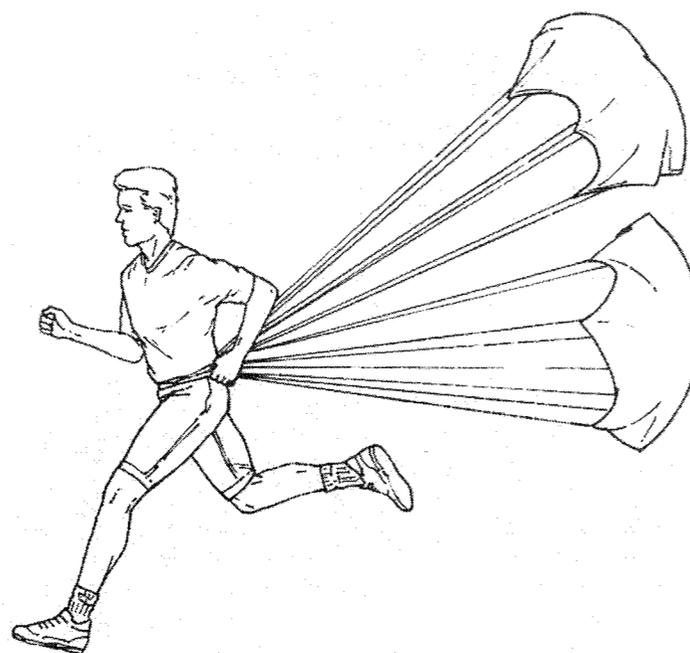
Esta forma de trabajo pretende plantear el entrenamiento en condiciones más difíciles. Sin embargo, la dificultad sólo debe ser en la medida en que los movimientos (ejercicios) no se vean afectados por una técnica defectuosa o provoquen reacciones fisiológicas de otra índole (por ejemplo, que una carga prevista como aeróbica se convierta en anaeróbica).

Las posibilidades de aumento de las dificultades en el entrenamiento pueden ser muy diferentes según el tipo de deporte. Por ejemplo:

- pesos adicionales (2-3% del peso corporal)
- carreras cuesta arriba (3-5%)
- carreras contra el viento o nadar contracorriente
- ciclismo con piñones más grandes de lo normal
- aumentos de resistencias (manoplas en natación)
- arrastrar resistencias (latas, neumáticos, paracaídas (figura 8.15), cubos, etc).

Por consiguiente, ante una mayor implicación de la fuerza de la musculatura funcional, se produce un mayor efecto de entrenamiento para la captación máxima de oxígeno.

Figura 8.15. El uso del paracaídas en ejercicios de carrera (Zatsiorsky, 1995, 164)



En la figura 8.16 se muestran las características de entrenamiento para la mejora de la capacidad aeróbica, mixta y láctica de fuerza y en la tabla 8.3 algunas variantes de entrenamiento de la capacidad aeróbica de fuerza.

Figura 8.16. Características de entrenamiento de la capacidad aeróbica, mixta y láctica de fuerza



Tabla 8.3. Características de entrenamiento de la capacidad aeróbica de fuerza

Variante	Fórmula de entrenamiento	Observaciones
<i>Entrenamiento interválico</i>		
1	4x4m Vmed velocidad resistida / 1 m	Poner atención al mantenimiento de la técnica, no acortar la longitud de recorrido por ciclo
2	4x10m Vlig velocidad resistida / 3 m	a costa de una mayor frecuencia de movimientos
<i>Entrenamiento continuo uniforme</i>		
3	20 m Vlig velocidad resistida	Utilizar sobrecarga adicional adecuada para evitar distorsión del movimiento técnico
<i>Entrenamiento continuo variable</i>		
4	4x(15s Vsub + 4m Vlig velocidad resistida)	Debe utilizarse con sobrecargas adicionales más elevadas para trabajo más intensivo (si es posible)
5	3x(45s Valt + 5m Vlig velocidad resistida)	
<i>Control de tiempos</i>		
6	Distancia que corresponde a velocidad resistida de 10 minutos	Debe valorarse el resultado, el mantenimiento de la frecuencia de movimiento y la ejecución uniforme

9. EL CONTROL DEL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA

La evaluación de los deportistas de alto rendimiento puede llevarse a cabo en distintos niveles o condiciones (figura 9.1):

- *Evaluación proyectiva.* Es el empleo de tests y mediciones que se llevan a cabo al comienzo de los programas de entrenamiento fundamentalmente para la selección de individuos que presenten unas características relevantes para el rendimiento en un deporte determinado o simplemente para evaluar sus posibilidades funcionales (tabla 9.1).
- *Evaluación de la carga entrenamiento.* Se centra específicamente en la medición del programa de entrenamiento llevado a cabo por el deportista.
- *Evaluación de los cambios por el entrenamiento.* Se refiere a la evaluación de los cambios producidos por el entrenamiento y en el que se suelen utilizar una amplia gama de variables fisiológicas, bioquímicas, endocrinológicas y psicológicas.
- *Evaluación de los cambios de rendimiento.* Es la más utilizada y consiste en la evaluación del producto final del proceso de entrenamiento por comparación de los rendimientos presentes y pasados. Según este procedimiento, se puede observar el progreso (o evolución) de un deportista en relación con sus anteriores rendimientos (figura 9.2), o frente a los rendimientos de otros deportistas.

Figura 9.1. Niveles de evaluación del deportista

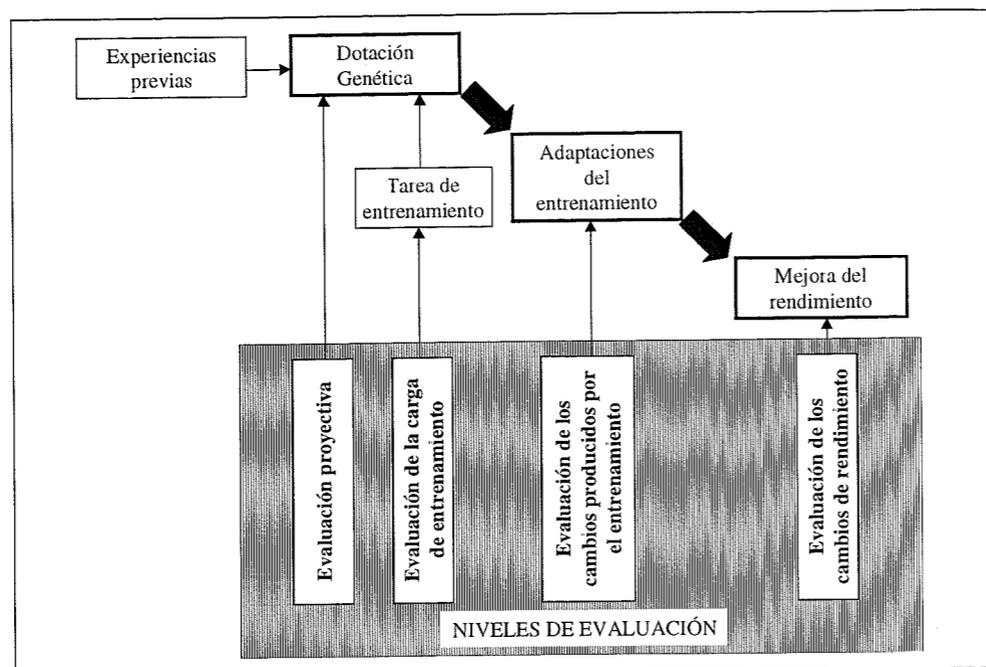
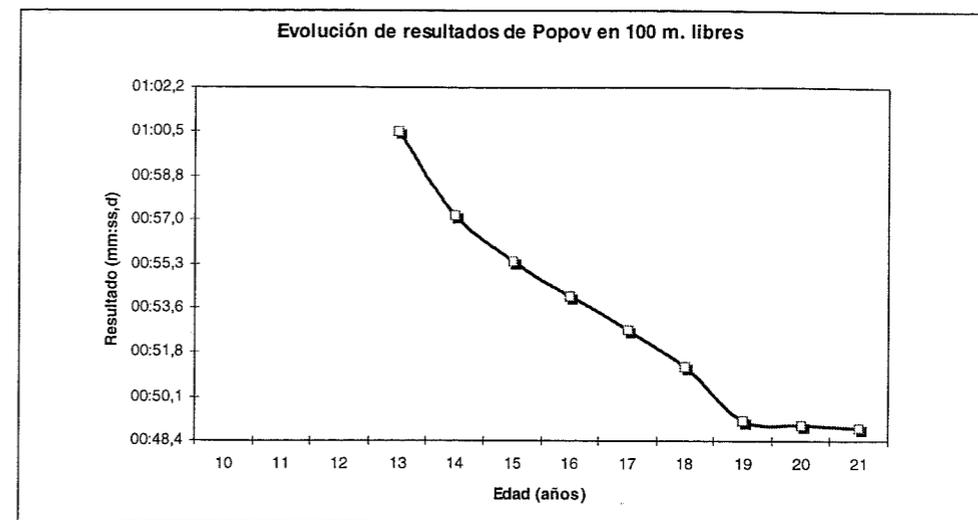


Tabla 9.1. Posibilidades funcionales del sistema de transporte de oxígeno de los nadadores (hombres) de medio fondo y fondo de alto nivel (Platonov y Fesenko 1994, p. 97)

Indices	Valores medios	Valores extremos
Consumo Máximo de Oxígeno (ml/kg por minuto)	68,2	60,4-77,2
Bombeo cardíaco (l/min)	29,5	24,8-35,0
Ventilación pulmonar máxima (l.)	168,5	146-198
Volumen sistólico (ml.)	194,0	172-210
Pulso de oxígeno (ml.)	30,7	26,5-34,6

Figura 9.2. Un ejemplo de evaluación atendiendo a los cambios de rendimiento



Existen grandes dificultades para monitorizar el entrenamiento científicamente debido a que el esfuerzo es de un sujeto simple (el deportista) y longitudinalmente orientado (cubriendo una temporada completa o múltiples temporadas). Además, los científicos del deporte no pueden manipular variables en el sentido experimental tradicional para observar los efectos sobre el deportista. Aunque el entrenador puede alterar las variables de entrenamiento a su voluntad, usualmente altera varias variables a la vez, haciendo difícil determinar la causa y el efecto.

La búsqueda de un único marcador para detectar el efecto del entrenamiento de resistencia ha sido infructuosa. Una de las razones potenciales para las discrepancias existentes y la inviabilidad de encontrar un método universal, basado en una o pocas variables, es lo que varios autores han denominado el trabajo hecho sobre *la especificidad de respuesta autónoma*, que consiste en que ante un mismo factor estresante, la respuesta puede ser diferente entre atletas. Por ejemplo, un atleta puede responder a un factor estresante con una elevación de la frecuencia cardíaca mientras otro puede responder con un aumento de la actividad gastrointestinal. La disociación de sistemas ha sido atribuida a un intento momentáneo de mantener la homeostásis por equilibrio de los sistemas simpáticos y parasimpáticos.

En función de todo lo expuesto, parece admisible que se deba adoptar una visión multidimensional de la monitorización del entrenamiento para detectar el estado de entrenamiento y mantener al deportista en las condiciones óptimas de adaptación al entrenamiento.

9.1. ¿CÓMO EVALUAR?

Un sistema metodológico interesante para crear un modelo de evaluación es el que se propone a continuación:

1. Determinar cuáles son los principales componentes de la prueba.
2. Definir los subcomponentes de cada componente principal.
3. Decidir qué test de control pueden medir estos subcomponentes.

Por ejemplo, considerando la fuerza, la velocidad y la resistencia como los principales componentes de la prueba de 50 metros en natación, podemos ver en la siguiente tabla una muestra de subcomponentes y test de control.

El mismo procedimiento puede seguirse para otras pruebas o modalidades de resistencia.

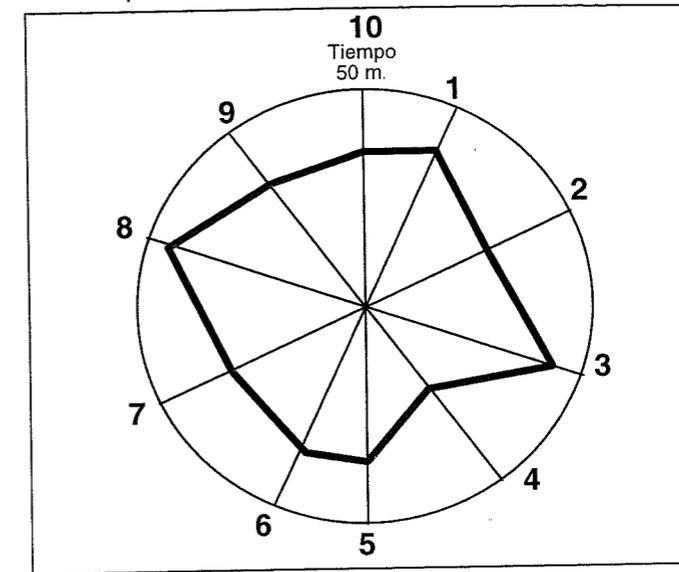
COMPONENTES PRINCIPALES	SUBCOMPONENTES	TESTS DE CONTROL
Fuerza	Fuerza Máxima específica Potencia	1. <i>Tracción máxima isocinética</i> 2. <i>Salto horizontal con pies juntos</i>
Resistencia	Resistencia de Velocidad EC Resistencia de Velocidad PN Resistencia de Velocidad BR	3. <i>Nadar 6x25c/40" EC</i> 4. <i>Nadar 6x25c/45" PN</i> 5. <i>Nadar 6x25c/40" BR</i>
Velocidad	Velocidad con salida Velocidad lanzada EC Velocidad lanzada PN Velocidad lanzada BR	6. <i>15 m.</i> 7. <i>10 m. EC</i> 8. <i>10 m. PN</i> 9. <i>10 m. BR</i>

EC = estilo completo; PN = solo piernas ; BR = solo brazos

El principal problema que surge en esta fase es la determinación de cuáles son los mejores tests de control predictores del rendimiento en una prueba.

El segundo paso es decidir como presentar al deportista las estrategias de tests de control de forma atractiva y significativa. Un modelo muy conocido es el de Zotko. Este modelo es visualmente interesante y muestra claramente al atleta los objetivos de control que está buscando (véase la figura 9.3 mostrando el modelo propuesto de la prueba de 50 metros).

Figura 9.3. Esquema del modelo de control en un nadador de 50 metros



Numerosas variables fisiológicas y bioquímicas varían durante el entrenamiento, pero solamente unas pocas son las que se utilizan con cierta regularidad. Dentro de las fisiológicas están el consumo máximo de oxígeno y la frecuencia cardíaca y dentro de las bioquímicas se distinguen tres grandes grupos: los enzimas y sustratos (lactato, amoníaco, creatina kinasa y urea), las hormonas (testosterona y cortisol, adrenalina y noradrenalina) y parámetros inmunológicos (linfocitos).

Nos centraremos especialmente en aquéllos que puede utilizar con mayor facilidad el entrenador y en las condiciones propias de entrenamiento.

9.2. MONITORIZACION FISIOLÓGICA

9.2.1. EL CONSUMO DE OXÍGENO

El sistema de energía aeróbico es el que suministra casi completamente la energía para entrenamientos de varios minutos a ritmo constante. Más aún, la relación entre consumo de oxígeno (VO_2) y potencia desarrollada es casi lineal sobre el rango de intensidad desde el descanso hasta el máximo steady-state (Astrand y Rodhal 1977). El VO_2 es por tanto una buena medida de la intensidad de entrenamiento en steady-state. La intensidad de series de corta duración no pueden medirse directamente como VO_2 ya que la respuesta del sistema aeróbico es demasiado lenta y que dichas tareas son a menudo supramáximas.

Es útil representar el VO_2 relativo (como un porcentaje de) del máximo VO_2 , ya que permite unas comparaciones mejores de las intensidades de entrenamiento de los deportistas que difieren en masa corporal, capacidad de ejecución o eficiencia del ejercicio.

La medición del VO_2 requiere respirar dentro de unos aparatos especiales que recogen el gas espirado y lo analizan posteriormente, de ahí que se prefiera hacerlo en laboratorio con ergómetros específicos de cada deporte. Existen actualmente varios sistemas computerizados de analizadores de volumen de gas y composición que dan la información de forma inmediata. Pero también es posible analizar y recoger los gases tras varios minutos del cese del ejercicio y luego calcular el VO_2 durante la actividad por extrapolación.

El VO_2 parece una medida estable de intensidad de entrenamiento: el coeficiente de variación durante 6 meses en corredores entrenados sobre la cinta rodante a velocidad constante fue de sólo un 3% (Daniels y otros, 1984).

Hasta hace muy poco, los mecanismos fisiológicos de la resistencia han sido explicados casi exclusivamente a través de la función respiratoria y al VO_2 máximo. Sin embargo, existen razones fundadas para decidir que el Consumo de Oxígeno máximo no es una garantía de un buen resultado deportivo (Navarro 1991).

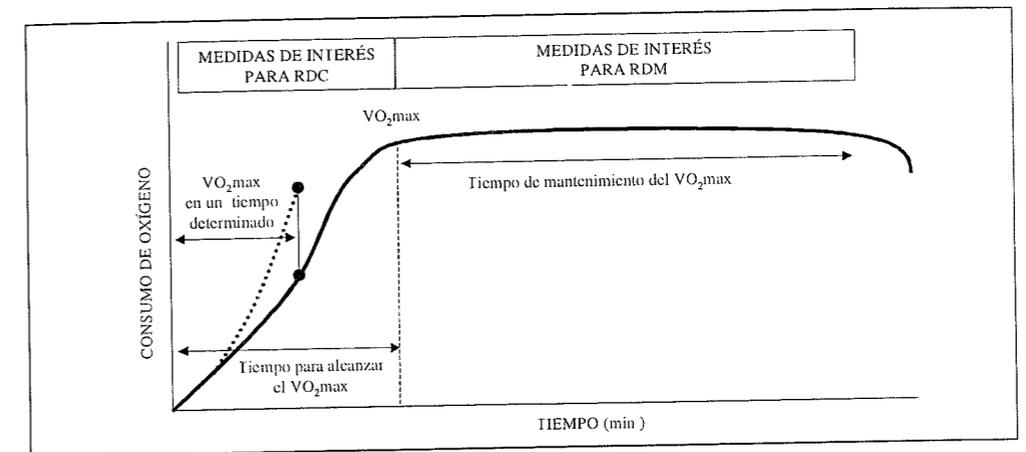
- Los nadadores con el mismo consumo máximo de oxígeno tienen resultados diferentes, y viceversa: nadadores con capacidad aeróbica diferente obtienen los mismos resultados.
- Se ha encontrado que nadadores de diferente nivel con diferencias no significativas en la capacidad aeróbica, si se diferencian en la capacidad anaeróbica.
- En los nadadores de mayor nivel el consumo de oxígeno se estabiliza en los últimos años de preparación pero los resultados continúan mejorando.

No obstante, a pesar de que no se sabe ciertamente en que grado los valores del VO_2 máximo pueden atribuirse al entrenamiento o a la dotación genética. Existen opiniones de que con el entrenamiento se puede mejorar hasta un 15-30%, dependiendo de los niveles previos de los que parta el deportista (Pollock 1973) y que dichos incrementos son debidos a cambios producidos en los componentes centrales (transporte cardiopulmonar) y periféricos (vascularización y química tisular) del sistema aeróbico (Rowell 1974; Saltin 1986).

En las especialidades de resistencia de 1 a 4 minutos de duración, donde el ritmo elevado de liberación de energía es especialmente importante, es conveniente la utilización de otras medidas alternativas de cuantificación como el tiempo para

lograr el VO_2 máximo o el tiempo para alcanzar el nivel más alto de VO_2 máximo. Para especialidades de resistencia de media duración (hasta 10 minutos), será más conveniente medir la capacidad para mantener el VO_2 máximo. (figura 9.4). Las medidas del tiempo para alcanzar un VO_2 máximo son más importantes para los rendimientos que duran de 1 a 5 minutos que para los maratonianos, mientras que el tiempo de mantenimiento del VO_2 máximo es más importante para nadadores de 800 metros y los corredores de 3000 m obstáculos (Thoden 1992, 115).

Figura 9.4. Otros criterios de medidas en relación con el consumo de oxígeno



Sin embargo, en los rendimientos que superan los 10 minutos, dado que el objetivo es lograr un uso más efectivo de la máxima cantidad de energía suministrada aeróbicamente, es más conveniente utilizar el *criterio de la distancia* -medir la duración del tiempo (o distancia) que un rendimiento puede mantenerse en una intensidad de umbral de lactato o en algún nivel de intensidades entre el umbral de lactato y el VO_2 máximo o el *criterio de rendimiento* (seleccionando intensidades que imitan la situación de competición).

9.2.1.1. Medición directa del VO_2 máximo a partir de variables ventilatorias

La determinación directa del VO_2 máximo se lleva a cabo principalmente mediante tests de esfuerzo de intensidad progresiva incrementales, especialmente a través de *tests escalonados* y *tests en rampa*. En los *tests escalonados* se realizan incrementos similares de intensidad con intervalos constantes de tiempo (por ejemplo, esfuerzos de 1 minuto con incremento de carga de 30 W en un cicloergómetro), mientras que en los *tests en rampa* se simula una pendiente continua de intensidad (por ejemplo, incrementos de carga a un ritmo de 1 W cada 2 segundos en un esfuerzo en rampa de 30w/min).

Gorostiaga y López Calvet (1998) sugieren que se respeten los siguientes criterios a la hora de realizar estos tests de esfuerzo de intensidad progresiva:

- Respetar al máximo posible la especificidad.
- Comenzar con intensidades bajas que sirvan como calentamiento.
- Evitar que los incrementos de carga no produzcan modificaciones en el patrón de movimiento mecánico.
- Realizar el test hasta el agotamiento.
- Constatar que se ha alcanzado el VO_2 máx por la observación de un aplanamiento en la curva VO_2 /intensidad o haber alcanzado la frecuencia cardíaca máxima.

El protocolo más utilizado de estas características es el de Bruce. Ofrece una buena correlación lineal entre la carga y el VO_2 . Se inicia con una velocidad en el tapiz rodante de 1,7 millas por hora (mph) y una inclinación del 10% (estadio I) y cada 3 minutos se aumenta progresivamente: 2,5 mph, 12% (estadio II); 3,4 mph, 14% (estadio III); 4,2 mph, 16% (estadio IV); 5 mph, 18% (estadio V); 5,5 mph, 20% (estadio VI). Los sujetos con una pobre capacidad funcional no sobrepasan, por término medio, los niveles III o IV. En estos casos se ofrecen algunas alternativas como:

- *Protocolo de Bruce modificado*: Se añaden dos estadios previos con una velocidad de 1,7 mph y una pendiente del 0% y 5% respectivamente.
- *Protocolo de Balke*: Con una velocidad constante de 3,0 y 3,4 mph se incrementa progresivamente la pendiente en escalones de 2,5 ó 2% respectivamente.

Aplicando el protocolo de Bruce se puede calcular el VO_2 máx a partir de la fórmula:

$$\text{VO}_2\text{max} = 3,88 + 0,056 \times S \text{ (hombres)}$$

$$\text{VO}_2\text{max} = 1,06 + 0,056 \times S \text{ (mujeres)}$$

Siendo S = duración total de la prueba en segundos

9.2.1.2. Medición indirecta del VO_2 máx mediante test de campo

En los términos en que se desarrolla este libro, consideramos más adecuado la utilización de tests que no requieran ergómetros, ni sistemas de análisis sofisticados y pueden ser administrados más fácilmente y a la vez, adecuen mejor las situaciones de competición, aún a sabiendas que el error para la predicción del VO_2 máx puede ser mayor.

Los tests de campo más empleados para la determinación del VO_2 máx son:

- Test de Cooper
- Test sobre una distancia fija
- Test de la Universidad de Montreal
- Test de Course Navette de 20 metros
- Test de Lavoie

9.2.1.2.1. Test de Cooper

Se basa en medir la distancia máxima recorrida en 12 minutos. Existen adaptaciones a diferentes tipos de esfuerzo (carrera, natación, ciclismo, remo, etc.).

En carrera, la predicción del VO_2 máx en ml/kg./min, se determinaría mediante la fórmula siguiente (Ferrero, García et al. 1989, 52):

$$\text{VO}_2\text{max} = (d - 504,1)/44,9 \text{ ("d" = distancia recorrida en metros).}$$

9.2.1.2.2. Test sobre una distancia fija

Se basa en la duración obtenida en un esfuerzo máximo sobre una distancia fija (por ejemplo, 5 Km en carrera ó 2400 metros en natación).

Davies y Thompson (1979) proponen la siguiente fórmula para la carrera de 5 km:

$$\text{VO}_2\text{max (ml/kg/min)} = 129,73 - [3,617 \times t \text{ (min)}], \text{ siendo "t" = tiempo en minutos necesario para recorrer 5 Km.}$$

9.2.1.2.3. Test de la Universidad de Montreal

Se realiza en una pista de atletismo marcada con unas balizas visuales situadas cada 50 metros. El ritmo es marcado por señales acústicas emitidas al paso por las balizas que varían en sucesivos estadios de 2 minutos de duración cada uno.

El primer estadio se realiza andando a una velocidad de 6 km/hora (30 segundos cada 50 metros). El segundo estadio se realiza andando a una velocidad de 7,1 km/hora (25,4 segundos cada 50 metros). El tercer estadio se realiza corriendo a una velocidad de 7,2 km/hora. El test continua corriendo en los siguientes estadios a las siguientes velocidades: 8,5; 9,8; 11; 12,2; 13,4; 14,5; 15,6; 16,8; 17,8; 18,8; 19; 20,9; 21,9; 22,8 km/hora.

El test finaliza cuando el sujeto se agota, o cuando se encuentra 25 metros por detrás de la baliza que le corresponde, anotándose el tiempo en el que el sujeto finaliza el test. Las variables estudiadas en el test son las siguientes:

- *Tiempo de agotamiento.* Es el tiempo empleado por cada sujeto para realizar el test
- *Estimación del consumo máximo de oxígeno.* Se realiza mediante la fórmula:

$VO_{2max} = 14,49 + (2,143V) + (0,032V^2)$; siendo V= velocidad en km/hora del último estadio completo realizado

9.2.1.2.4. Test de Course Navette

Consiste en recorrer 20 metros en recorridos de ida y vuelta con estadios de 1 minuto de duración, marcándose el ritmo por señales acústicas con dos balizas visuales separadas entre sí 20 metros. En el primer estadio comienza corriendo a una velocidad de 8,5 km/hora. El test continúa aumentando la velocidad 1 km/hora en cada nuevo estadio. EL test finaliza cuando el sujeto se agota o se encuentra 3 metros por detrás de la baliza que le correspondía, anotándose el tiempo en el cual el sujeto finalizó el test.

Las variables estudiadas en el test son las siguientes:

- *Tiempo de agotamiento.* Es el tiempo empleado por cada sujeto para realizar el test
- *Estimación del consumo máximo de oxígeno.* Se realiza mediante la fórmula:

$VO_{2max} = -32,678 + 6,592V$; siendo V= velocidad en km/hora del último estadio completo realizado

9.2.1.2.5. Test de Lavoie

Es un test que se emplea en natación para determinar la «potencia anaeróbica máxima funcional» (PAMF) mediante un test indirecto que relaciona velocidad máxima obtenida mediante un test incremental y un índice de eficiencia de nado (brazadas en 125 metros/velocidad de nado), o IMB (Índice de Movimiento de Brazos).

Se define a la PAMF como la «máxima velocidad aeróbica a la que el VO_{2max} es alcanzado» (Lavoie, Leger et al. 1985). Por lo tanto, cuanto mayor sea la velocidad alcanzada en este test, mayor será su capacidad aeróbica. Este test permite un juicio global y objetivo del rendimiento mecánico global del nadador. No nos indica el elemento a corregir. Un resultado pobre puede ser debido a características morfológicas (flotabilidad), fisiológicas (fuerza) o técnicas.

La velocidad obtenida en un test de 2500 metros a máxima velocidad representa aproximadamente un 90% de la PAMF. Existe una correlación importante entre la mejor marca en 400 metros y la PAMF. También se ha observado clara mejoría de la PAMF con la edad, relacionada no sólo con la mejora de las capacidades fisiológicas sino con la economía de nado.

Protocolo:

- Escalones de 2 minutos de duración a velocidades ascendentes.
- Se parte de 1 m/seg, y se aumenta 0.05 m/seg en cada escalón. Para nadadores más jóvenes se puede empezar a 0.7 m/seg, o a 0.85 m/seg.
- El test debe durar por lo menos 15 minutos.
- Se puede marcar el ritmo mediante luces, o marcando el ritmo a lo largo de la piscina. El test termina cuando el nadador no puede seguir el ritmo propuesto.

Determinación del IMB:

Contar el numero de brazadas (cada brazo = una brazada) en 125 metros y dividir el resultado obtenido por la velocidad de nado a la que el nadador se desplazaba. La velocidad de nado deberá ser constante y cercana al ritmo más rápido. Para un nadador que pueda llegar al escalón 14, se sugiere que se mida el IMB en el escalón 9 ó 10. Si es posible, es mejor que todos los nadadores del mismo nivel sean medidos en el mismo escalón. El IMB puede ser calculado varias veces en el mismo test, eligiendo el mejor resultado (resultado mas bajo). Las evaluaciones siguientes en la misma temporada deberán hacerse a la misma velocidad de nado.

9.2.2. LA FRECUENCIA CARDÍACA

La frecuencia cardíaca (FC) muestra una respuesta similar al VO_{2} de modo que puede utilizarse de forma similar para medir la intensidad cuando la carga de trabajo es razonablemente constante durante varios minutos o más.

En los laboratorios se mide con el electrocardiografo si bien se están imponiendo los cardiotacómetros miniaturizados y varios estudios han revisado su validez y facilidad de uso (Burke 1986). Uno de los más conocidos es el Polar Electro Sport Tester que consiste en una unidad de sensores que se adapta al pecho del atleta y transmite una señal derivada del electrocardiograma a una unidad de reloj de muñeca que calcula y muestra la FC. Un modelo que almacena los datos permite además hacer uso de los mismos por ordenador (lo cual permite una evidencia objetiva del tiempo gastado de entrenamiento).

Existen varias formas en que la FC puede expresar la intensidad:

- a. La FC absoluta es útil para la monitorización día a día.
- b. La FC como porcentaje del máximo para diferencias en la máxima FC entre atletas.

- c. Las diferencias en la FC en reposo pueden ser tenidas en cuenta si la intensidad se expresa como porcentaje de la FC de reserva: $(FC \text{ de entrenamiento} - FC \text{ de reposo}) / (FC \text{ máxima} - FC \text{ de reposo}) \times 100$.
- d. La FC de entrenamiento como porcentaje de la FC de ritmo de competición.
- e. La FC relacionada con varios ritmos de entrenamiento (Treffene 1978; Conconi 1982; Robinson, Robinson et al. 1991; Conconi, 1987, Treffene, 1982)

9.2.2.1. El test de Treffene

Se recorren de 4 a 5 esfuerzos progresivos de una duración aproximada de 2 a 3 minutos, pero siempre en intensidades submáximas y se registra la frecuencia cardíaca al final de cada esfuerzo (tomada en 6 segundos o mediante un Polar Electro Sport Tester o similar).

La curva que se forme por la unión de cada uno de los puntos que relacionan el tiempo realizado con la respectiva frecuencia cardíaca se extrapola hasta su intersección con el nivel de frecuencia cardíaca máxima que tenga el deportista. Desde el punto de intersección entre ésta línea y el nivel de la frecuencia cardíaca máxima, se traza una línea vertical hacia el eje de abscisas dónde se representa la *velocidad crítica*. El punto señalado será el ritmo de entrenamiento que deber emplearse para trabajar aeróbicamente.

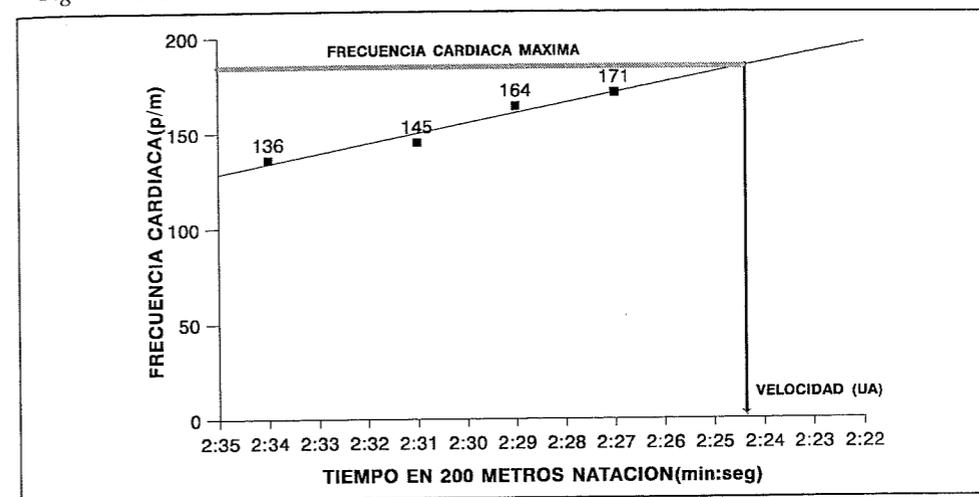
Veamos un ejemplo. Un nadador hace los siguientes tiempos y tiene esta frecuencia cardíaca:

Repeticiones de 200	Tiempo de 200	Frecuencia cardíaca(p/m)
1	2:34	136
2	2:31	145
3	2:29	164
4	2:27	171

En la figura 9.5 se muestra la determinación experimental de la velocidad crítica para el trabajo de Uan (umbral anaeróbico) del nadador. El punto correspondiente al Uan equivale a un tiempo de 2:24,6.

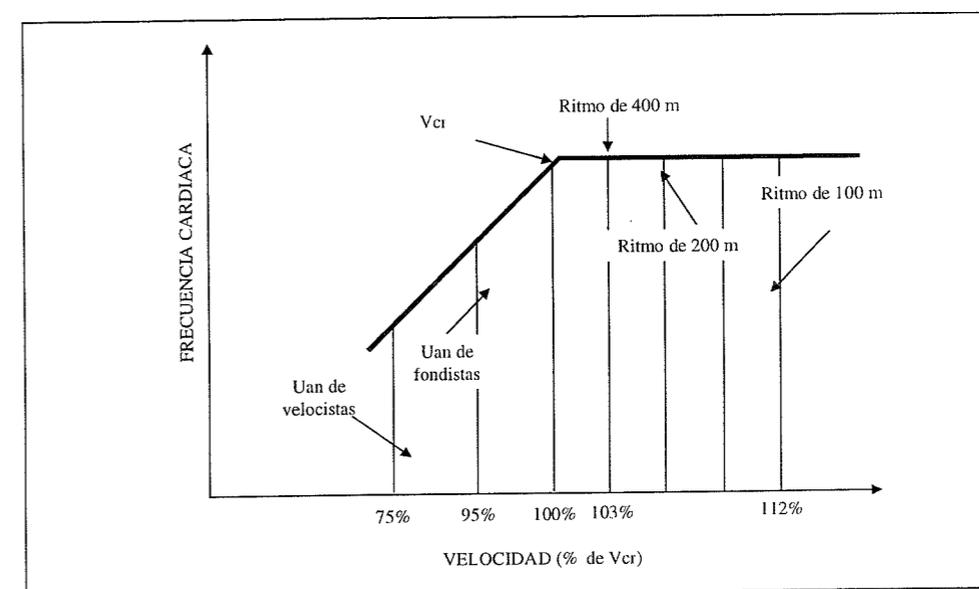
Aparte de la utilidad de este procedimiento para determinar el ritmo de entrenamiento, el desplazamiento hacia la derecha del punto Uan en sucesivos controles significaría una mejora de la capacidad de resistencia del nadador, mientras que el desplazamiento hacia la izquierda reflejaría una pérdida de dicha capacidad.

Figura 9.5. Determinación de la intensidad de umbral anaeróbico por el método de Treffene



En últimos estudios (Treffene 1998), se proponen ciertas modificaciones sobre los conceptos originales (Treffene 1977; Treffene y Alloway 1977; Treffene 1978; Treffene 1978; Treffene, Craven et al. 1979) que tienen relación entre la frecuencia cardíaca con el umbral anaeróbico y las velocidades de competición de 100, 200 y 400 metros sobre el porcentaje de la velocidad crítica (figura 9.6)

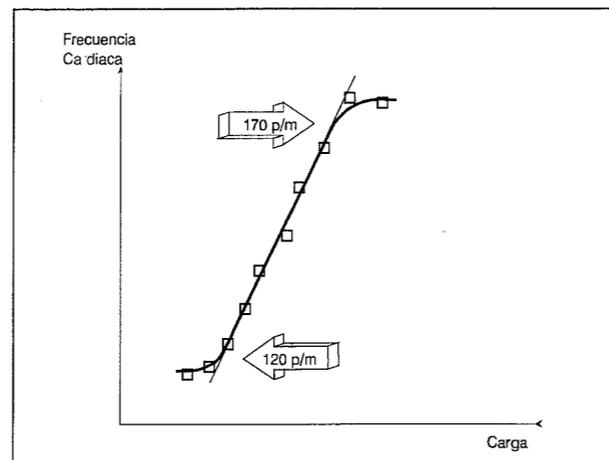
Figura 9.6. Relación entre la frecuencia cardíaca, el umbral anaeróbico y las velocidades de nado en 100, 200 y 400 metros como porcentaje de la velocidad crítica (Treffene 1998)



9.2.2.2. El test de Conconi

Es aplicable a todos los deportes cíclicos. Consiste en realizar esfuerzos entre 30 y 60 segundos de forma progresiva hasta llegar al agotamiento. El aumento de intensidad debe ser muy pequeño en cada tramo. Se anota el tiempo y la FC en cada tramo. El punto de velocidad crítica, cuando la FC pierde la linealidad, se considera la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico (Figura 9.7).

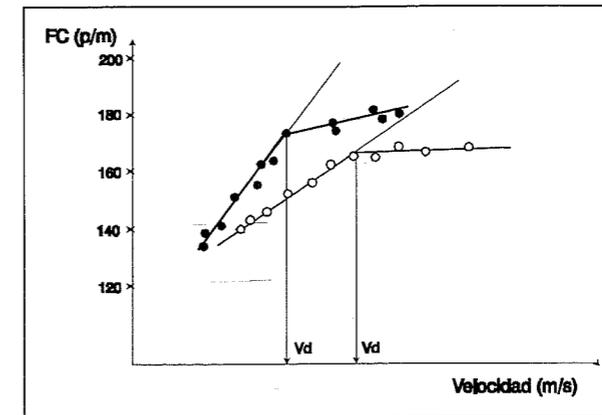
Figura 9.7. Fundamentos del test de Conconi. Su trazado sólo es lineal entre las 120 y 170 pulsaciones /minuto



Desarrollo del test de carrera de Conconi:

- Calentamiento suave de 15 a 20 minutos
- Cada 200 metros se aumenta la velocidad 2-3 segundos empezando por un tiempo de aproximadamente 60 segundos.
- En cada 200 se anota la FC y el tiempo de carrera.
- Se deben intentar hacer entre 12-16 aumentos de velocidad o bien un recorrido entre 2.400 y 3.200 m en unos 10-12 minutos.
- Se dibuja la gráfica y se calcula el *punto de deflexión*, dibujando una línea recta en la parte lineal para determinar la *velocidad de deflexión* (figura 9.8)

Figura 9.8. Determinación de la velocidad crítica en el test de Conconi en dos sujetos distintos



Se han propuesto las siguientes intensidades de entrenamiento de acuerdo con el test de Conconi para maratonianos (Lehnertz y Martin 1990). Para ello, se considera el valor de la velocidad de deflexión (V_d) correspondiente al 100% de la intensidad:

- Distancias inferiores a la de competición dentro del rango del valor de umbral = 100% con un volumen de 30 – 45 minutos.
- Distancias inferiores a la de competición en la velocidad actual de competición. Para maratonianos de alto nivel, al 93% de la V_d con una duración de 30 a 75 minutos. Para distancias más cortas es necesaria la realización de cálculos exacto, basados en los resultados de la prueba y el nivel actual de entrenamiento.
- Entrenamiento sobre la distancia de competición con el 80 al 90% de intensidad, duraciones de 45 a 90 minutos.
- Entrenamiento de distancia superior a la de competición con el 65 al 80% de intensidad, duración de 120 a 150 minutos
- Entrenamiento interválico extensivo (repeticiones de 1000 a 3000 metros) con el 103% de intensidad y un volumen total de 10 a 15 Km.

La objetividad del test de Conconi ha sido polémica continua desde su aparición en 1982. Existen autores que han encontrado bajas correlaciones entre diversos umbrales de lactato y el de Conconi (Tiberi, Bohle et al. 1989; Tokmakidis and Léger 1992), si bien otros lo consideran especialmente útiles si se mantienen unas determinadas condiciones previas (fatiga, nutrición)(Lehnertz y Martin 1990). En cualquier caso, un único procedimiento, bien sea el test de Conconi o cualquier otro procedimiento para determinar la curva de rendimiento de lactato no es suficiente sin referencias de control que confirmen estos valores.

9.2.2.3. El test de Probst

Este test se diseñó con la intención de aplicarlo a deportistas de actividades acíclicas, no involucrados en rendimientos constantes y donde cargas elevadas de nivel anaeróbico se alternan con cargas aeróbicas extensivas. Una gran parte del trabajo realizado durante un juego es trabajo de aceleración, con cambios de dirección y puestas en acción.

Una buena capacidad de rendimiento aeróbico permite al deportista recuperar rápidamente, durante cortos esfuerzos en el juego o mientras se sienta en el banquillo, debido a que la capacidad aeróbica depende en gran medida del nivel de resistencia. Por esta razón, el autor propone alternar fases de recuperación de 30 segundos con cargas de trabajo durante el test. El descenso en la frecuencia en los primeros 30 segundos permite observar la capacidad de recuperación del jugador.

El deportista corre en un campo de fútbol, después de un calentamiento de 15-20 minutos, sobre un recorrido marcado con balizas señalizadoras y llevando un pulsómetro. Los cambios de dirección deben ser diseñados de modo que el estilo de carrera no varíe excesivamente durante el test. El recorrido se construye con 14 balizas, separadas 10 metros. La distancia total para cada largo de recorrido es de 140 metros. Los jugadores corren dos largos en cada escalón de carga. El deportista debe ajustarse a la señal sonora que marcará el ritmo de trabajo de cada escalón.

Se inicia el test con un ritmo inicial de 18 sonidos/min (correspondiente a 10,8 km/h). Después de dos largos de recorrido, el jugador para durante 30 segundos. El ritmo de carrera aumenta en el siguiente escalón por un sonido/minuto (0,6 km/h). El ritmo continuará aumentando hasta que el jugador no pueda seguir las señales.

Los resultados de los tests pueden presentarse bajo dos formas:

- *Frecuencia cardíaca en función del tiempo.* La evaluación de la frecuencia cardíaca debe considerarse bajo las siguientes bases teóricas. La deuda de oxígeno aumenta en el nivel anaeróbico y debe ser reducida por el metabolismo aeróbico durante la pausa de recuperación. El aumento del transporte de oxígeno durante la recuperación se manifiesta en un descenso de la FC y la amplitud entre la FC de la carga de trabajo y la FC de la recuperación desciende.
- *Relación Frecuencia Cardíaca - Rendimiento.* En el ordenamiento de la FC respecto a la velocidad de carrera, la FC se comporta de forma similar al test de Conconi. En este caso, la desviación de la FC ocurrirá en el umbral anaeróbico y después de ese punto, sólo habrá una elevación limitada de la FC. La velocidad alcanzada en el umbral anaeróbico (Vd) mide la *capacidad de rendimiento aeróbico*

Los valores logrados en el umbral anaeróbico dependerán en gran medida del estado de entrenamiento del deportista. Es importante entender que en este caso el umbral anaeróbico se aplica a este particular formato de carga y no puede ser comparado con los valores del test de Conconi.

Debido a la estrecha relación entre la carga y la FC en el nivel aeróbico, las recomendaciones de entrenamiento deben hacerse solamente para trabajo aeróbico.

Como norma, la duración de las carreras de resistencia para jugadores de juegos deportivos deben durar 20-40 minutos. Debido a que el objetivo es desarrollar una capacidad de rendimiento aeróbico, y no la capacidad aeróbica, carreras más largas tienen poco sentido.

La intensidad de entrenamiento debería basarse en la FC. De acuerdo con la experiencia del autor, la FC en 30-40 minutos de entrenamiento debería alcanzar el 85-90% de la Vd (tabla 9.2)

Tabla 9.2.- Recomendaciones de entrenamiento mediante carrera continua según el test de Probst (Probst 1988)

Tipo	Intensidad (% de Vd)	Duración (minutos)
Medio	85-90	30-40
Rápido	90-97	20-30

La elección de intensidad y la frecuencia que se debe emplear en el entrenamiento debe ser decidida por el entrenador y dependerá de la actividad involucrada y el período de entrenamiento

El test deberá ser repetido después de un período de entrenamiento, bajo condiciones similares a las del test inicial. Un desplazamiento hacia la derecha de la curva indicará una mejora de la capacidad de rendimiento aeróbica.

Una fuente potencial de error en el uso de la FC como medida de la intensidad es el aumento de la FC de hasta 20 p/min., que ocurre durante tareas largas con cargas constantes y elevadas (Rowell,1974; citado por Hopkins,1991)

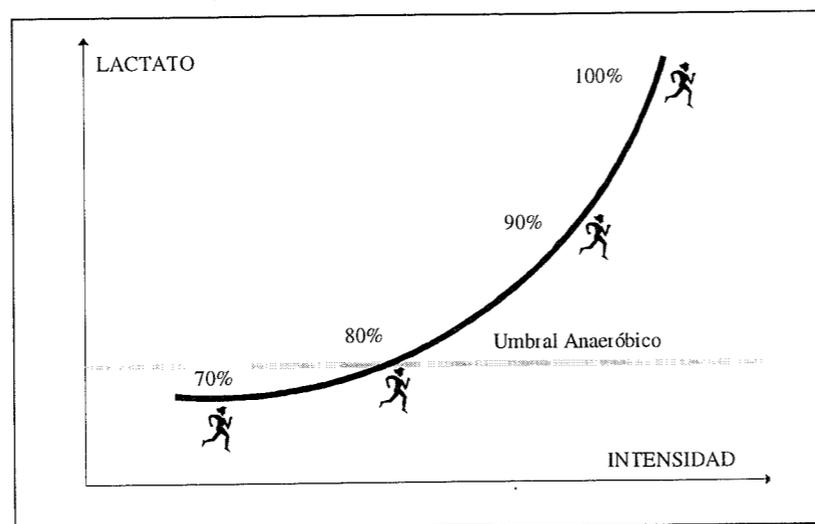
Las variaciones día a día sobre esfuerzos en steady state bajo condiciones controladas de laboratorio están sobre 3 p/min (Astrand and Rodhal 1977). Las condiciones ambientales (temperatura y viento) pueden modificar la FC aunque sólo unos pocos batidos (Robinson, Robinson et al. 1991).

9.3. MONITORIZACIÓN BIOQUÍMICA

9.3.1. EL LACTATO SANGUÍNEO

La concentración de ácido láctico ha sido empleada ampliamente en la última década con el fin de controlar el rendimiento específico de los deportistas. Las bases para la valoración del entrenamiento por medio del lactato están en la relación entre lactato y velocidad. Esta relación está determinada por la capacidad de rendimiento del deportista en términos de energía aeróbica y anaeróbica. La figura 9.9 muestra la relación entre la concentración de lactato sanguíneo y la intensidad del esfuerzo, en lo que sería un esquema de un protocolo típico de esfuerzo progresivo escalonado.

Figura 9.9. Test escalonado de lactato



Con bajas intensidades de esfuerzo el nivel de lactato sanguíneo es muy próximo al de reposo. Al llegar a una intensidad particular, que varía entre los sujetos, la concentración de lactato sanguíneo empieza a aumentar. Al aumentarse aún más la intensidad de trabajo, el lactato sanguíneo se incrementa progresivamente durante todo el período de ejercicio. El punto de intensidad donde empieza a acumularse el lactato es lo que se denomina **umbral anaeróbico** (Uan), en la que inicialmente se consideró como un valor fijo en el nivel de una concentración de lactato de 4mM/l (Mader, Liesen et al. 1976), aunque en cierto modo en los atletas de mayor resistencia suele ser menor.

El Uan define dos regiones, la primera e inferior se corresponde con la combinación del sistema aeróbico de producción de energía junto con el sistema «anaeró-

bico» que genera ácido láctico. En esta primera zona, la eliminación y aparición en sangre del láctico van a la par existiendo un equilibrio estable. En la segunda zona (superior al Uan), se observa un desequilibrio entre la producción de lactato, su aparición en el torrente circulatorio y su eliminación. Esta transición, sin embargo, ha sido una importante fuente de polémica (Yeh, Gardner et al. 1983; Brooks 1985; Hughson, Weisinger et al. 1987). A pesar de la polémica, el Uan es ampliamente empleado y muchos estudios han indicado que el Uan puede ser utilizado para predecir rendimientos de resistencia de manera precisa, caracterizar a los deportistas de resistencia, determinar una intensidad de entrenamiento relativa y evaluar los efectos de entrenamiento (Davies y Thopson 1979; Farrell, Wilmore et al. 1979; Sjödín y Jacobs 1981; Yoshida, Chida et al. 1987; Weltman 1995).

Se han empleado un amplio número de técnicas para la determinación del Uan. En cada una de ellas, el criterio por el cual se determina el Uan es diferente. Algunas de estas técnicas son:

9.3.1.1. Umbral convencional

La determinación convencional del aumento abrupto en la concentración de lactato en sangre ($[La^-]$) (Davis, Vodak et al. 1976). El Umbral de lactato convencional ($[La^-]_{conven}$) se determina subjetivamente tras el registro gráfico de la intensidad (o velocidad) y la observación del aumento claro de la concentración de $[La^-]$.

9.3.1.2. Modelo log-log

La intercepción de dos regresiones lineales computadas por las zonas más bajas y más altas de la transformación logarítmica de las coordenadas del $[La^-]$ y Consumo de oxígeno (VO_2) (Beaver, K. et al. 1985). Para el $[La^-]_{log}$, se determina subjetivamente un punto de referencia de los gráficos de las coordenadas transformadas logarítmicamente. Las dos series de datos, por debajo y por encima de este punto son posteriormente ajustadas por una regresión lineal:

$$\log y = a + b \log x; \quad \text{Ecuación (1)}$$

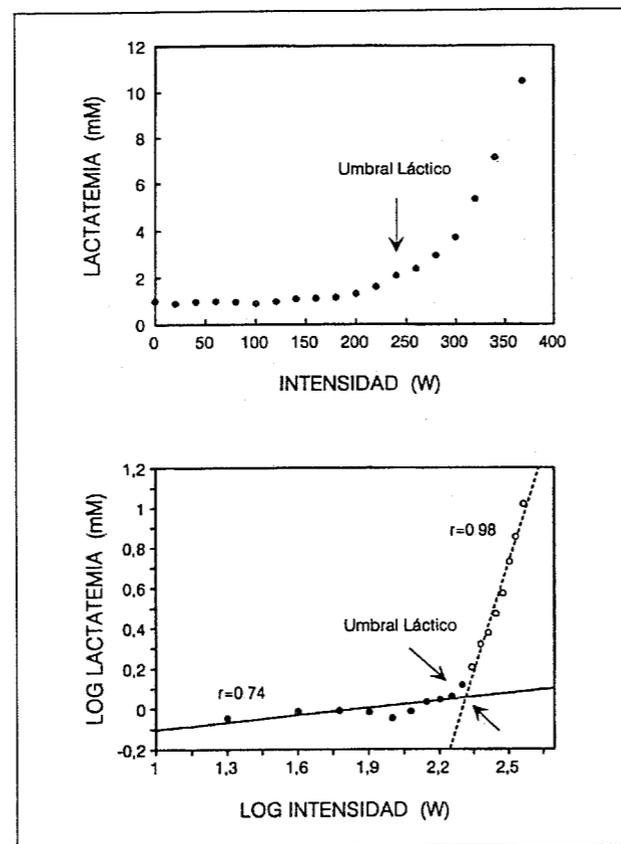
donde $y = [La^-]$, $x =$ intensidad o velocidad y a y b son constantes. Beaver et al (1985) aporta una solución matemática para el $[La^-]_{log}$, mediante la valoración de a intersección de las dos líneas:

$$[La^-]_{x \cdot \log} = (a_1 - a_2) / (b_2 - b_1) \quad \text{Ecuación (2)}$$

donde el sufijo X señala la velocidad en $[La^-]_{log}$, a_1 y a_2 son las intercepciones, y b_1 y b_2 son las pendientes de los segmentos lineales por debajo y por encima del punto de referencia.

En la figura 9.10A, se representa la evolución de lactacidemia en función de la intensidad según datos obtenidos en un sujeto, tomando muestras de sangre capilar cada minuto durante la realización de un test de esfuerzo en cicloergómetros (rampa de 20 w/min). La flecha indica la localización del umbral láctico. En la figura 9.10 B se representa el logaritmo de la concentración de lactato en sangre frente al logaritmo de la intensidad de esfuerzo. La intersección de ambas rectas corresponde al umbral láctico.

Figura 9.10. Método de Beaver y col (1985).
Citado por López Calvet y Gorostiaga 1998, p.158



9.3.1.3. Modelo del índice de la pendiente con una tangente individual

Para la tangente individual ($[La^-]_{IT}$), los datos de $[La^-]$ son ajustados a una curva de regresión exponencial del tipo (Hughson, Weisinger et al. 1987):

$$y = a + b \exp(cx); \quad \text{Ecuación (3)}$$

donde $y = [La^-]$, $x =$ intensidad o velocidad a, b y c son constantes. Para localizar un punto de la curva exponencial típica determinada por la ecuación anterior, es necesario utilizar una tangente.

En esta ecuación, la pendiente es determinada por:

$$dy/dx = bc \exp(cx) \quad \text{Ecuación (4)}$$

La selección de una tangente en un cierto ángulo z puede ser expresado como $dy/dx = \tan z$ y la localización de esta tangente es determinada por:

$$[La^-]_{x_{IT}} = [\ln(\tan z / bc)] / c \quad \text{Ecuación (5)}$$

donde $y = [La^-]$, $x =$ intensidad o velocidad en el punto de contacto de la tangente, z es el ángulo definido por la pendiente de una ecuación lineal de regresión utilizando la parte superior derecha de la curva de $[La^-]$ para cada individuo, y b y c los parámetros de la ecuación (3). De este modo, la ecuación (5) facilita el $[La^-]_{IT}$

9.3.14. Modelo del índice de la pendiente con una tangente fija

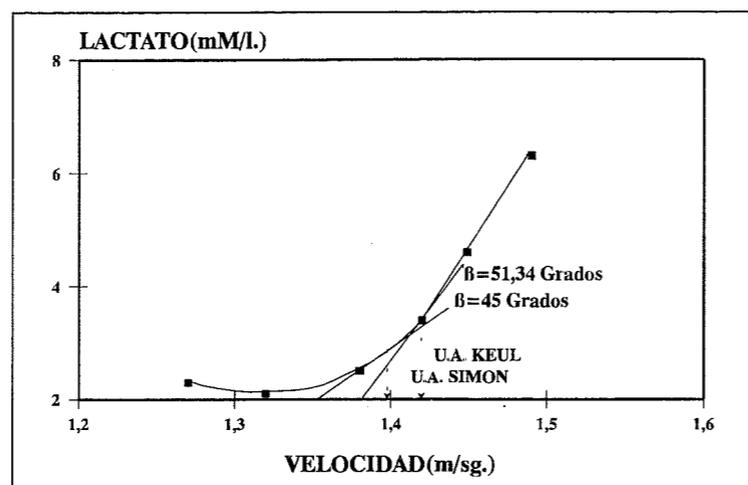
En vez de definir el ángulo de la pendiente individual como se describe en el caso anterior, algunos investigadores han elegido arbitrariamente una tangente de 45° (Hughson, Weisinger et al. 1987). De este modo, la estimación del índice de pendiente de 45° ($[La^-]_{I45}$) se determina por:

$$[La^-]_{x_{I45}} = [\ln(\tan 45^\circ / bc)] / c \quad \text{Ecuación (6)}$$

donde $x =$ intensidad o velocidad en el punto de contacto de la tangente, y b y c los parámetros de la ecuación (3).

Varios autores (figura 9.11) han sugerido que el umbral estaría situado en aquel punto cuya tangente formara un ángulo de 51 grados con la horizontal (Keul, Simon et al. 1979) o de 45 grados (Simon, Thiesmann et al. 1983).

Figura 9.11. Determinación del umbral anaeróbico según Keul y Simon.
Adaptado de Villanueva (1997)



9.3.1.4. Concentración fija de lactato

Se determina el umbral a partir de una concentración determinada de lactato. Las concentraciones más utilizadas son de 2,5, 3 y 4 mM/l; ejercicio progresivo en una concentración de 4 mM/l. Para la determinación del umbral sobre una concentración fija de 4 mM/l ($[La^-]_{4\text{mmol/l}}$), se aconseja utilizar la ecuación (3), sustituyendo la variable dependiente y por el valor de 4 mmol/l:

$$[La^-]_{x,4\text{mmol/l}} = [\ln(4\text{ mmol/l} - a) - \ln b] / c \quad \text{Ecuación (7)}$$

donde x = la velocidad en la que se observa una $[La^-]$ de 4 mmol/l, y a, b y c los parámetros de la ecuación (3)

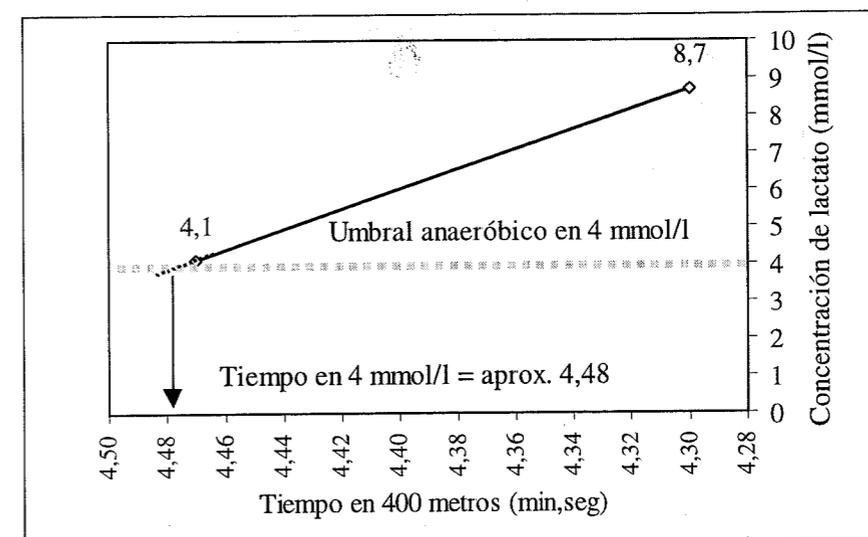
Los primeros estudios de Mader localizaron el Uan. en la tasa metabólica de 4mmol/l., definiendo esta zona como la más idónea para la mejora de la resistencia aeróbica (Mader, Liesen et al. 1976).

Como aspecto quizá más conocido de las investigaciones de Mader está su famoso *test de 2 velocidades*. Según el patrón descrito por estos autores, las curvas muestran una marcada tendencia a la linealidad a partir de los 4mmol/l (Uan), mientras que por debajo de esta tasa no se encuentra un patrón determinado.

En natación se ha utilizado profusamente, con las distancias de 100, 200 y 400 metros, mediante 2 nados sobre algunas de las distancias señaladas a intensidades submáximas (en la primera repetición) y máxima o casi máxima (en la segunda

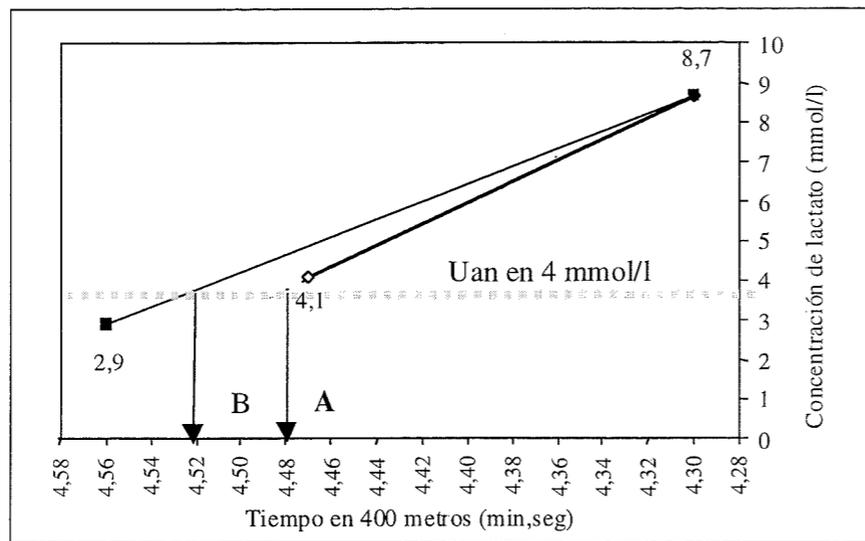
repetición). En la figura 9.12, se puede observar la aplicación de un test de dos distancias (2x400 metros) en un nadador. La concentración de lactato en la primera repetición es de 4,1 con un tiempo de nado de 4:47. En la segunda repetición el nadador realiza un tiempo de 4:30 y se produce una concentración de lactato de 8,7 mmol/l. El tiempo equivalente a la intensidad en condiciones de Uan sobre un valor fijo de 4 mmol/l es de aproximadamente 4:48 para este nadador.

Figura 9.12. Ejemplo de aplicación del test de dos distancias de Mader en un nadador sobre la distancia de 400 metros. Datos originales del autor sin publicar



Para la correcta ejecución del test es necesario que la concentración de lactato resultante de la primera repetición esté próxima o por encima de 4mmol/l, de lo contrario, incurriríamos en errores como los señalados en la figura 9.13. El mismo nadador anterior repite el mismo test pero, en esta ocasión, la primera repetición la hace a un tiempo más lento (4:56), lo que origina una concentración de lactato inferior (2,9 mmol/l). Siguiendo el mismo procedimiento para determinar la intensidad (o el tiempo) correspondiente a una concentración de lactato de 4 mmol/l, el nadador refleja un tiempo superior con la misma concentración. El problema se produce por el hecho de diseñar la gráfica con solo dos puntos que reflejan una recta, cuando el incremento del lactato con la intensidad se ajusta mejor a una curva exponencial. Dado que a partir de los 4 mmol/l la tendencia es más lineal, las determinaciones en el caso A son más fiables que en el caso B (figura 9.13)

Figura 9.13. Error en la detección del U_{an} por error en la elección de intensidades del test de dos distancias



Villanueva señala acertadamente que "la elección de la distancia del test es importante en cuanto a que la recta hallada es específica para cada distancia, y por lo tanto la V_4 encontrada también lo es. Cualquier comparación posterior o utilización para determinar ritmos de entrenamiento habrá de tener en cuenta este aspecto. Es evidente que si lo que buscamos es una orientación del entreno en rangos aeróbicos, la distancia deberá de ser predominantemente aeróbica (duración superior a los 120 segundos), mientras que si lo que tratamos de observar es la zona correspondiente al metabolismo anaeróbico la distancia tendrá que ser más anaeróbico láctica. El problema de elegir una distancia demasiado larga (mayor de 300m.) es que para que el primer nado esté por encima de 4mM., el esfuerzo habrá de ser bastante intenso y la recuperación antes de hacer el segundo muy grande con el fin de que el nadador pueda realizar esta segunda a una velocidad elevada (máxima) y obtengamos una alta tasa de lactato. Si trabajamos con nadadores muy jóvenes este problema aumenta ya que las concentraciones de lactato son en general más bajas que para el resto de la población (Villanueva 1997)".

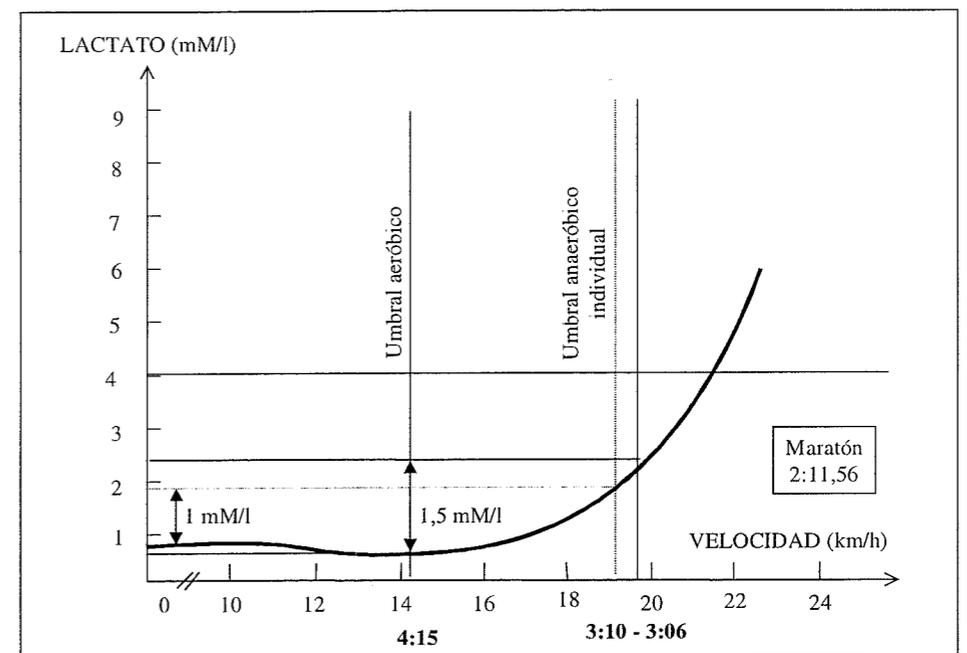
9.3.1.5. Concentración de lactato de 1mmol/l por encima de la línea base

Ha sido demostrado que una $[La^-]$ de 1mmol/l por encima de la correspondiente en reposo (Yoshida, Chida et al. 1987), así como por encima de la línea base del ejercicio (Coyle, 1983), pueden ser utilizadas como un criterio objetivo de U_{an} . En algunos estudios, la línea base de $[La^-]$ se corresponde con la media de las concentraciones de reposo y la línea base del ejercicio (computada sobre los primeros escalones sin ningún incremento de $[La^-]$) (Tokmakidis, Léger et al. 1998), mientras

que en otros se ha estimado la concentración de 1,5 mmol/l por encima de la línea base (Dichuth, Aufenanger et al. 1990).

En la figura 9.14 se muestra la determinación del umbral aeróbico y el umbral anaeróbico individual, tomando como referencia 1 mmol/l por encima del valor de reposo y de 1,5 sobre la línea base de la curva de lactato, atendiendo a la curva de lactato en un test progresivo, en un maratoniano. La velocidad en condiciones de umbral anaeróbico individual bajo ambos criterios oscila entre 3:10-3:06 cada 1.000 metros.

Figura 9.14. Relación de la velocidad de carrera - lactato de un corredor de maratón. Adaptado de Dichuth, Aufenanger et al. 1990



9.3.1.6. Modelo del umbral anaeróbico individual (IAT)

Utiliza la curva post-ejercicio de la recuperación de lactato medido inmediatamente después de finalizar el ejercicio, como un punto identificativo para construir una tangente a la curva de lactato del ejercicio (Stegmann, Kindermann et al. 1981).

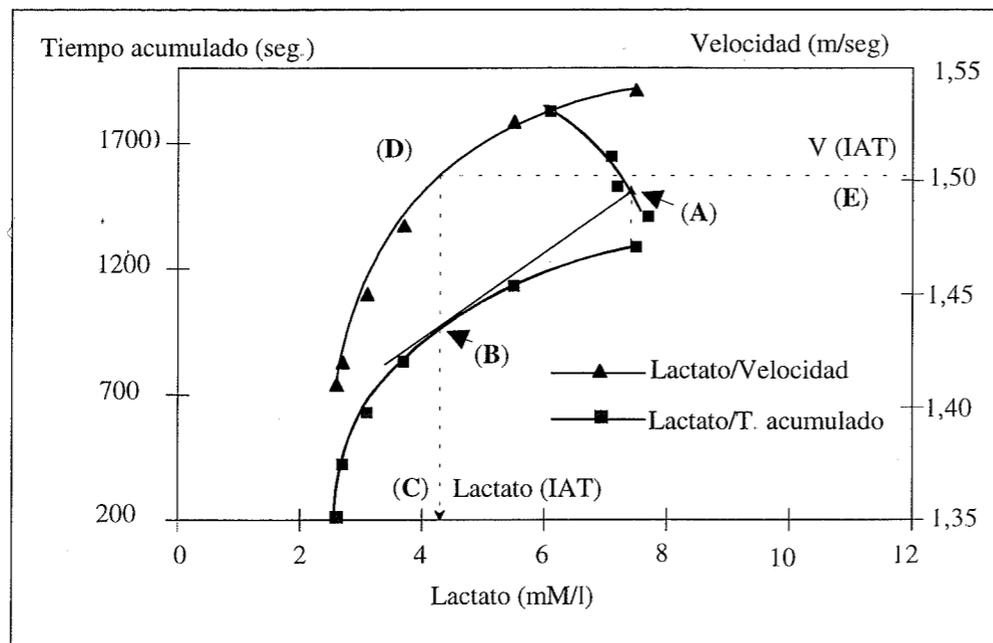
En el test se realizan de 5 a 10 cargas progresivas de una duración lo suficiente larga que permita un ejercicio en estado estable (superiores a los 3 minutos) y terminar a la máxima intensidad posible. Se toman muestras sanguíneas después

de cada uno de los escalones de manera inmediata y a los minutos 1, 3, 5, 7 y 10 al terminar el último, con el fin de analizar la $[La^-]$.

Con los valores de lactato (eje X) obtenidos se realiza una gráfica de tiempo acumulado (Tac) (eje Y1) (se desprecian los descansos que habrán de ser sólo para permitir la toma de las muestras) y con la curva obtenida (figura 9.15) se determina el punto (A) en el que $[La^-]$ en la curva «post-ejercicio» es igual a la conseguida en la última serie. Desde el punto (1) se traza la tangente a la curva de «ejercicio» y el punto en que ambas (tangente y curva) convergen (B) es aquel cuyo lactato corresponde al IAT (C)

Para obtener la intensidad correspondiente a ese lactato determinado hay que remitirse a la curva $[La^-]$ - Velocidad (V). Como puede verse en la figura 9.15, se han representado ambas gráficas, $[La^-]$ - Tac (símbolos cuadrados) y $[La^-]$ - V (símbolos triangulares) en un mismo sistema, poniendo $[La^-]$ en el eje de abscisas y manteniendo Y1 e Y2 para las otras dos variables, Tac a la izquierda (en segundos) y V en la derecha (m/sg). De esta manera podemos observar $[La^-]$ y V del IAT en un sólo gráfico (E).

Figura 9.15 Determinación de la concentración de lactato y la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico individual (IAT). Adaptado de Villanueva (1997)



Estudios realizados afirman que la intensidad obtenida produce un trabajo en estado estable (se valida sobre 14x200 yd. en natación), pero la tasa de lactato obtenida no difiere de manera significativa de los 4mM/l (Hein, Kelly et al. 1989). Otros estudios, por el contrario, manifiestan serias dudas para su aplicación a determinadas especialidades de resistencia (Saar 1986).

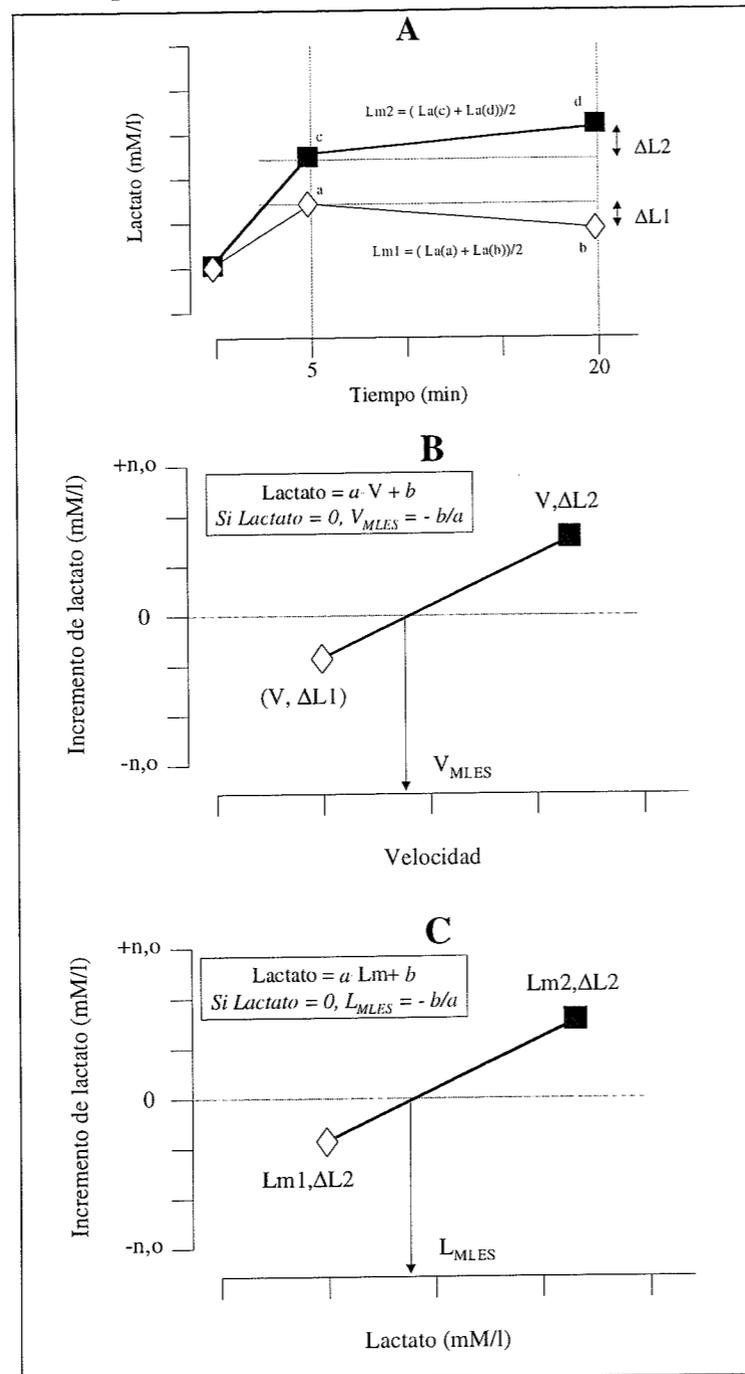
9.3.1.7. Modelos de intensidad constante

En la aplicación de estos tests se considera el umbral anaeróbico como la intensidad correspondiente a la máxima concentración de lactato, que puede ser mantenida estable durante el esfuerzo (concentración máxima de lactato en estado estable (MLES). Un recomendado para determinar el MLES sería aquel en el que se efectuaran múltiples determinaciones de lactatemia (cada 5 minutos, por ejemplo) en varios tests de intensidad constante de unos 30 minutos de duración cada uno con diferentes intensidades (entre el 50 y el 90% del VO_2 max)(Heck, RoBkopf et al. 1991; Weltman 1995). Heck (1991) considera que se ha alcanzado el MLES cuando $[La^-]$ aumenta menos de 1 mmol/l en los últimos 20 minutos de un esfuerzo de intensidad constante. Por ello, recomienda efectuar la comprobación entre el minuto 10 y el minuto 30.

Lamentablemente, este procedimiento requiere varios días y dificulta mucho su aplicación. Para intentar resolver este problema, se ha intentado reducir a solo dos el número de tests de intensidad constante mediante el siguiente procedimiento (Billat 1992; Billat, Dalmay et al. 1994):

- Se realizan dos esfuerzos de intensidad constante de 20 minutos de duración (15 en el caso de niños) (figura 9.16).
- El primer ejercicio se realiza a una intensidad inferior al MLES (entre el 50 y 70% del VO_2 max, según el nivel de entrenamiento).
- Se descansan 40 minutos y se efectúa el segundo ejercicio con una intensidad ligeramente superior al MLES (del 70 al 90% del VO_2 max)
- En cada uno de los ejercicios se determina la concentración de lactato en los minutos 5 y 20.
- Se calcula la diferencia de la concentración de lactato entre el minuto 20 y el minuto 5.
- La intensidad en MLES se calcula hallando por interpolación lineal la relación existente entre el incremento de lactacidemia y la intensidad (Figura 9,16, B)
- La concentración de lactato en el MLES se calcula por interpolación lineal entre la concentración media de lactato registrada entre el minuto 5 y 20 de cada velocidad (Lm) y el incremento de lactato correspondiente a cada velocidad (figura 9.16, C)

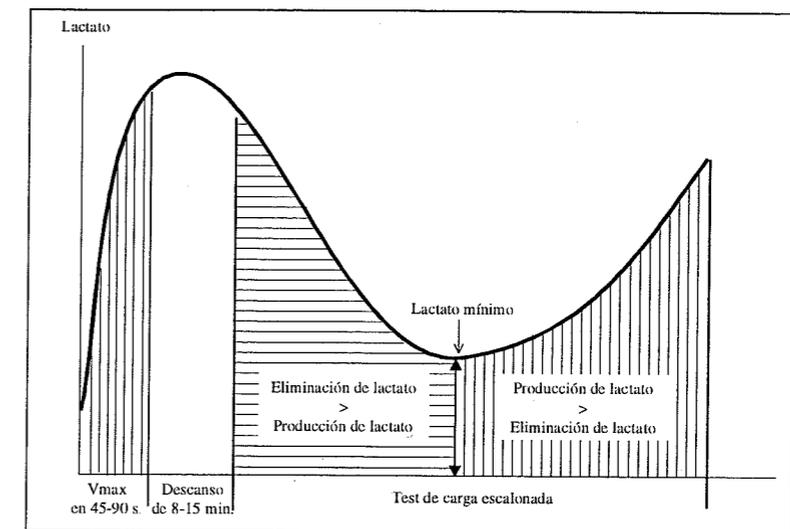
Figura 9.16 Procedimiento para calcular la intensidad y la concentración de lactato correspondiente a la máxima concentración de lactato estable



9.3.1.8. Test de lactato mínimo

Davis y Jass (1979), citado por Braumann, Tegtbur et al. (1991), teniendo en consideración los complejos procedimientos metabólicos con diversos procesos de eliminación y acumulación de lactato, describió un test en el que la carga aumentaba de forma escalonada después de un trabajo físico intenso con una concentración de lactato inicial elevada. Bajo estas condiciones, el lactato máximo en estado estable desciende al principio debido a que la eliminación de lactato excede a la producción durante los primeros estadios de carga. Mientras la intensidad de la carga aumenta, la gráfica de rendimiento-lactato comenzará a elevarse cuando la carga alcanza el estado donde la producción de lactato empieza a exceder su eliminación (figura 9.17).

Figura 9.17. Características del Modelo del test de lactato mínimo del test mínimo



Las características de realización del test son las siguientes:

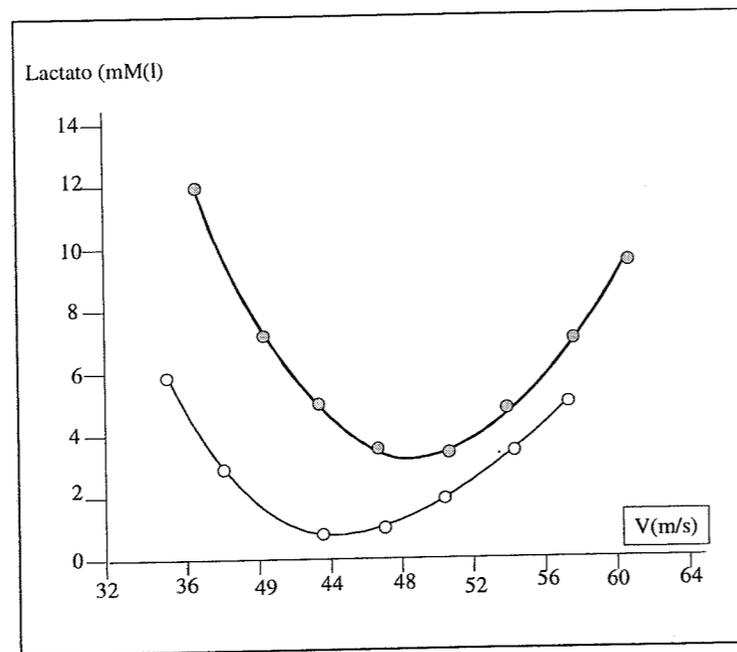
- Se comienza con la realización de un esfuerzo anaeróbico máximo que dure entre 45 y 90 segundos aproximadamente y que produzca una elevada acumulación de lactato. En natación se suele emplear una distancia de 100 metros ó 2x50m (con 30 segundos de recuperación). En carreras, se utiliza 1x600 ó 2x300 (con 30" de recuperación)
- A continuación se descansa de 8 a 15 minutos. Para comprobar la acumulación de lactato, conviene tomar muestras de sangre al 1, 3, 5, 7 y 10 minuto
- Se vuelve a realizar un test escalonado de varios esfuerzos progresivamente más intensos, de una duración entre 3 y 5 minutos -en natación, la distancia más utilizada es la de 300 metros, mientras que en carreras es de 800 a 1000 metros -con un aumento escalonado de la intensidad de 6 a 10 segundos por cada tramo de 300 metros en natación (Navarro 1991) y de 0,33 m/s para distancia de 800 metros en carreras (Braumann, Tegtbur et al. 1991).

- Según Olbrecht, el nivel más bajo de lactato se refiere a la velocidad de MLES (Olbrecht, Mader et al. 1990). Sin embargo, otros estudios contradicen este hallazgo (Heck, RoBkopf et al. 1991), no encontrando una fiabilidad más alta que la que se puede dar en otros métodos directos (Mader et al., Keul et al. Stegemann et al.)

Deben respetarse determinadas condiciones para determinar el lactato máximo en estado estable a partir de los resultados del punto más bajo en la gráfica de lactato:

- El intervalo de tiempo entre la creación del nivel de lactato más elevado posible y el comienzo del test escalonado debe ser lo suficientemente largo para crear un equilibrio entre las concentraciones de lactato sanguíneo y muscular. En concentraciones extremas de concentración intra-muscular pueden requerirse hasta 15 minutos, aunque un intervalo de 8 minutos parece ser suficiente en la mayoría de los casos. Intervalos más largos de tiempo, particularmente en deportistas bien entrenados, suelen conducir a situaciones donde la eliminación de lactato se produzca tan rápido en el primer escalón de carga que la determinación del umbral desde la gráfica de rendimiento-lactato cree los mismos problemas que los que ocurren en los tests habituales de cargas progresivas. Bajo estas condiciones, el punto más bajo se desplazaría hacia la izquierda y sería subestimada la capacidad de rendimiento del deportista (figura 9.18)

Figura 9.18. Representación empírica de dos gráficas de rendimiento-lactato con diferentes intervalos de tiempo entre la pre-carga y el tests escalonado



- También pueden ocurrir otros problemas de interpretación cuando las concentraciones de lactato durante la pre-carga alcanzan un nivel mínimo, o se da un insuficiente intervalo entre la pre-carga y el test escalonado que evite establecer un equilibrio entre lactatos muscular y sanguíneo. Este último caso puede conducir a que en los primeros escalones todavía se acumule lactato.
- La determinación del punto más bajo de la gráfica de lactato para establecer el MLES requiere el mayor número posible de puntos. De 5 a 6 puntos de medición permiten una precisión fiable para establecer el punto mínimo.

El método descrito también permite descubrir una importante información sobre la capacidad de acumulación de lactato de un deportista tras la pre-carga máxima, de considerable significación en la evaluación de la tolerancia actual a la carga.

9.3.2. AMONIACO

La elevación del amoniaco con el ejercicio depende de la duración y la intensidad del esfuerzo. Durante ejercicios de resistencia llevados a cabo con diferentes intensidades, se ha observado que el amoniaco parece mayor indicador de la duración mientras que el lactato es de la intensidad. También existen sugerencias de que la acumulación de amoniaco podría ser la responsable de la fatiga del ejercicio por disfunción del sistema nervioso central o efectos musculares periféricos (Brouns, Saris et al. 1990)

Cuando un deportista tiene niveles de glucógeno bajos, tras un ejercicio de resistencia produce niveles de lactato más bajos, lo que naturalmente afecta al rendimiento físico y el tiempo hasta el agotamiento. Sin embargo, existen mayores aumentos de amoniaco, lo que puede indicar que la formación de amoniaco podría ser causada por niveles bajos de glucógeno e impedimentos a la resíntesis del ATP (Urhausen, Heckmann et al. 1988).

El amoniaco se puede medir actualmente con la misma facilidad que el lactato, mediante un reflectómetro digital portátil, por lo que se espera que la investigación aclare el papel del amoniaco en el control del entrenamiento. De ello se ven las siguientes posibilidades:

- información sobre la intensidad de la vía energética anaeróbica.
- en combinación con el análisis de lactato (cociente amoniaco/lactato), determinar el esfuerzo para los diferentes tipos de fibras musculares o bien la distribución de estos tipos (marcada producción de amoniaco en las fibras IIb).

9.3.3. CREATINA KINASA

Puede ser fácilmente medible con una pequeña muestra de sangre. La creatina Kinasa (CK) se presenta principalmente en el músculo esquelético, pero también en el corazón y el cerebro y su concentración en sangre puede aumentar notablemente después del ejercicio. La CK es una enzima del metabolismo fosfocreatínico.

El grado de aumento de la actividad de la CK en sangre se determina por la duración, la intensidad y el tipo de ejercicio. En individuos desentrenados, los primeros días de entrenamiento pueden suponer un aumento notable de la CK. También después de esfuerzos musculares fuertes aparecen aumentos de CK en los ejercicios excéntricos más tarde que en los concéntricos e isométricos. De ahí que valores elevados puedan ser indicativos de un alto cansancio muscular sin indicar cansancio metabólico.

Su máximo no se presenta hasta unas horas más tarde de acabar la carga. Si sus valores en épocas de entrenamiento siguen constantemente elevados incluso después del descanso nocturno, se puede diagnosticar una carga demasiado intensa. El límite del ámbito normal se sitúa en 80 U/l (unidades por litro de sangre). Incrementos regulares hasta 200 U/l pueden considerarse lógicos durante entrenamientos continuados. A partir de los 300 U/l se ha de pensar en una permeabilidad celular no normal y con ello en cambios estructurales, debiendo reducir la carga de entrenamiento (Zintl 1991).

Los valores de CK indican más la intensidad de carga.

9.3.4. UREA

La urea es un producto final del metabolismo proteico. Un aumento acelerado de urea, partiendo de las concentraciones basales individuales, y tomadas en condiciones estandarizadas (siempre por la mañana y en ayunas) durante una fase de entrenamiento, se ha pensado que puede ser el mejor indicador para una situación catabólica que puede requerir una reducción del entrenamiento (Lehmann y otros, 1985). Sin embargo hay quien ha sugerido la reducción de la intensidad del entrenamiento durante varios días si los valores exceden de 8-10 mmol/l.

Parece que la urea reacciona más sensiblemente al trabajo aeróbico que al anaeróbico. Cargas de resistencia más largas de 30 minutos llevan, frente a un incremento del volumen de carga, a una mayor degradación de las proteínas lo que produce un incremento de la urea en la sangre. Este mayor nivel se puede interpretar como señal de una gluconeogénesis debido al déficit de glucógeno. Los valores de urea sólo se normalizan una vez acabada la carga. Por esta razón encontramos a menudo valores superiores a los de la mañana en el transcurso del entrenamiento.

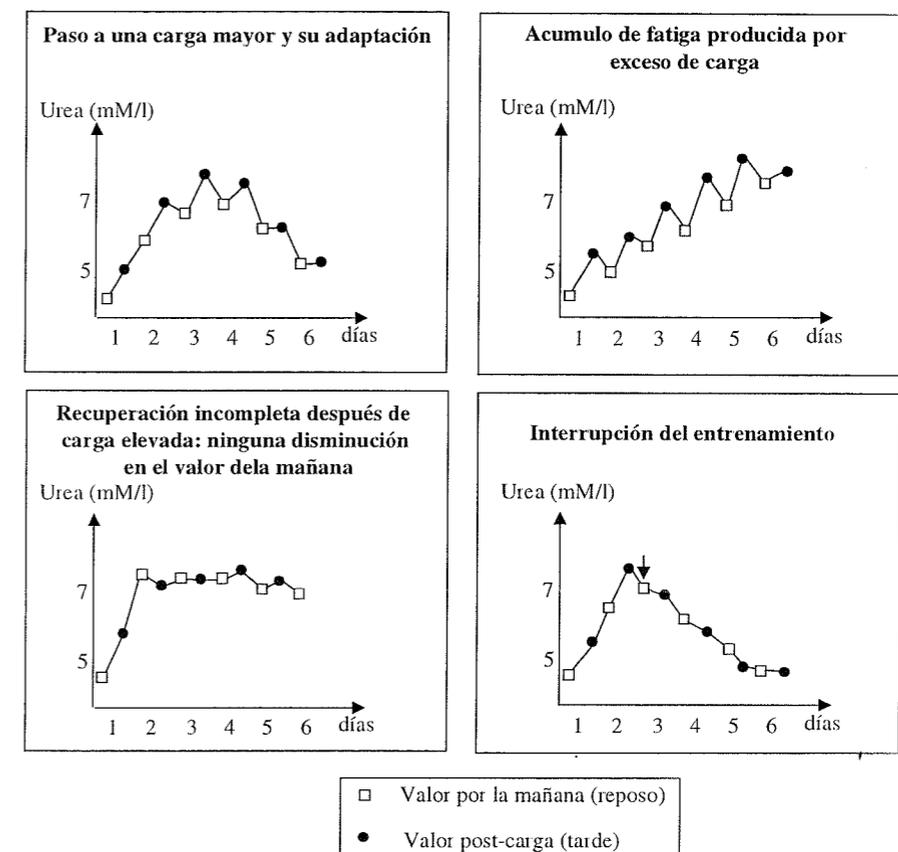
La urea incluso se puede situar en un nivel más elevado. Los valores de urea indican el volumen de la carga.

En la figura 9.19 se muestran distintas interpretaciones en función de la evolución de la urea a lo largo de varios días.

9.3.5. TESTOSTERONA Y CORTISOL

Dependiendo de la duración y la intensidad, el ejercicio físico lleva a un cambio en las concentraciones de testosterona (T) y cortisol (C). Una disminución en la relación T/C parece indicar entrenamiento duro y/o insuficiente regeneración, o incluso sobreentrenamiento.

Figura 9.19. Distintas interpretaciones a la evolución de la concentración de urea



En ejercicio anaeróbico, las hormonas anabólicas y catabólicas parecen reaccionar más sensiblemente a la sobrecarga metabólica que la urea.

Para la monitorización del entrenamiento de alto rendimiento es necesario determinar los valores basales individuales y desarrollar unas guías apropiadas para las concentraciones de hormonas que señalarán una insuficiente regeneración o sobreentrenamiento.

9.3.6. ADRENALINA Y NORADRENALINA

Las cargas deportivas influyen de forma psicofísica al equilibrio hormonal y en concreto al aumento de catecolaminas, adrenalina y noradrenalina en la sangre y en la orina. Los esfuerzos físicos aumentan especialmente el nivel de noradrenalina, las psíquicas preferentemente la adrenalina. Zimmermann y cols. (citado por Zintl, 1990) hallaron que el cociente de las concentraciones de noradrenalina y adrenalina (N/A) permite decisiones esenciales acerca del tipo de carga. Este cociente revela la carga psíquica en relación al esfuerzo físico. Cocientes altos (N/A > 3) indican «un estado inicial tranquilo» previo a una competición o un estrés psíquico o bien poca motivación para el entrenamiento. Valores bajos del cociente demuestran un elevado nerviosismo (previo a la competición) o bien una elevada implicación psíquica (motivación) en el entrenamiento.

Según recoge Zintl (1990), en las cargas de resistencia de diferentes intensidades, las catecolaminas muestran un comportamiento variado: en el entrenamiento extensivo en el ámbito del UAn la noradrenalina se incrementa poco, la adrenalina apenas. En el entrenamiento del UAn individual de mayor duración (más de 30 minutos) la noradrenalina y la adrenalina se incrementan más. Sesiones de entrenamiento de este tipo demasiado juntas en el tiempo pueden sobrecargar el sistema nervioso vegetativo (sobreentrenamiento). Cargas por encima del UAn (carreras de velocidad siguiendo el método de repeticiones) provocan el incremento máximo de ambas hormonas. Cargas de este tipo requieren posteriormente sesiones de entrenamiento regenerativas.

Así pues, el análisis de las catecolaminas después del entrenamiento permiten una valoración exacta del grado de esfuerzo con el que se entrenó realmente.

El análisis de las catecolaminas en la orina es bastante sencillo y se puede realizar en un laboratorio con equipamiento normal.

9.4. APLICACIONES DE LOS TESTS DE LACTATO AL ENTRENAMIENTO

En los últimos años ha sido de interés creciente el uso de las curvas de rendimiento-lactato para prescribir el entrenamiento para diferentes actividades deportivas (Simon, Thiesmann et al. 1983; Olbrecht, Madsen et al. 1985; Simon y Thiesmann 1986; Fohrenbach, Mader et al. 1987; Olbrecht, Mader et al. 1988). La guía para el entrenamiento con la ayuda de los umbrales está basado en el ajuste de unas intensidades de entrenamiento a la carga que corresponde con el valor de lactato del umbral. En una situación ideal, el valor de lactato de un umbral de 4 mM/l debería corresponder a un umbral individual de 4 mM/l. Sin embargo, es cuestionable que los umbrales determinados con unas cargas progresivas correspondan con los valores de lactato en un rendimiento de resistencia (Beck, Mader et al. 1990).

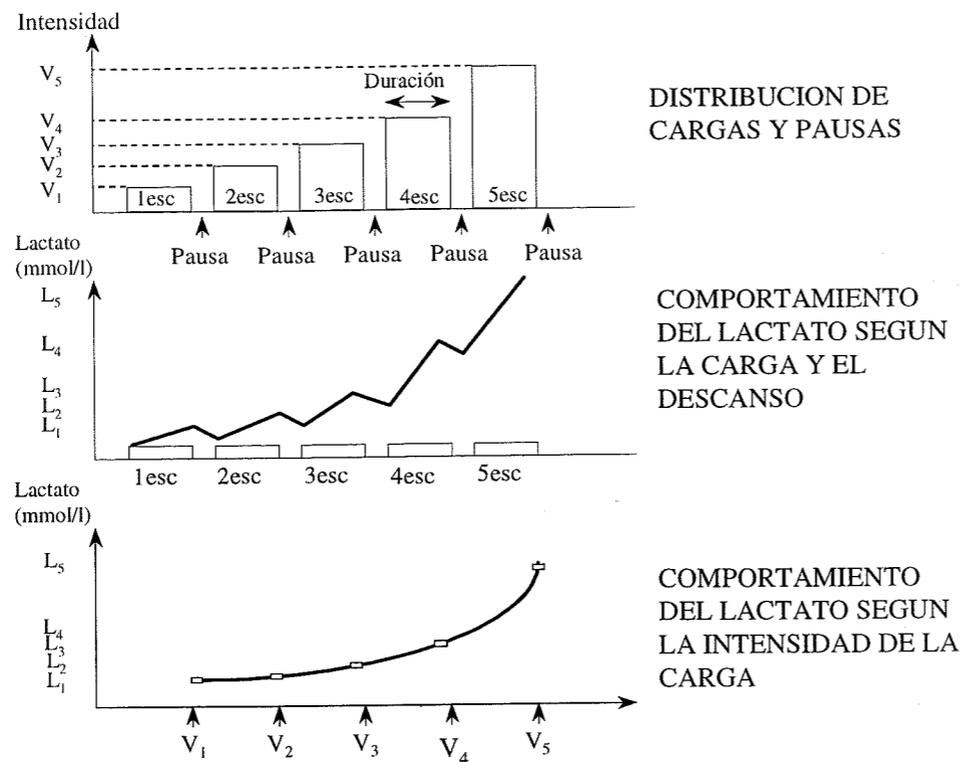
La guía del entrenamiento según el lactato no es un procedimiento tan simple como se ha pretendido mostrar. Requiere, junto a la comprensión de los métodos de determinación fisiológica, experiencia en la actividad deportiva específica. En cualquier caso, los valores de lactato representan sólo uno de los muchos indicadores en el complejo proceso conocido como "entrenamiento"

Los tests escalonados, que nos permiten observar la curva de lactato-velocidad en toda su extensión, han sido los más empleados para calcular de forma bastante fiable las intensidades correspondientes a las diferentes zonas de entrenamiento.

En la confección del test escalonado, se utiliza el parámetro concentración de lactato en sangre y la intensidad de la carga. En este sentido, se determina de antemano la carga, en condiciones específicas a la de la especialidad deportiva, mediante diferentes intensidades para cada uno de los escalones, los cuales se ven interrumpidos por recuperaciones de diferentes duraciones (figura 9.20).

Para la descripción matemática de la relación entre la intensidad de carga y la concentración de lactato en sangre con cargas progresivas se ha estimado como una de las más ajustadas la regresión exponencial, cuya fórmula es $y = a \cdot e^{bx}$, donde y = lactato (mmol/l) y x = intensidad (ej: m/seg). La curva ajustada de rendimiento-lactato facilita una interpretación más objetiva de los valores individuales y permite una observación más compleja de la relación de la utilización energética aeróbica y anaeróbica.

Figura 9.20. Esquema de la relación de la concentración de lactato y la intensidad de las cargas en un test progresivo de 5 escalones con pausas intermedias



9.4.1. ESTRUCTURACIÓN DEL TEST PROGRESIVO

El lactato es un parámetro que se ve influido por numerosos factores adicionales. Además de las fluctuaciones y errores que ofrecen los métodos para su determinación, existen otros factores que influyen en la calidad de los resultados obtenidos en la curva de rendimiento-lactato y que pueden ser relevantes para la validez del diagnóstico:

- El número de escalones.
- La carga en cada uno de los escalones (intensidad, duración, proporción de progresión).

- La duración de las pausas y su estructuración entre los escalones.
- El momento en que se realiza la extracción de sangre para la determinación de la concentración de lactato en sangre.
- La carga previa a la que se somete al deportista antes del test.

9.4.1.1. Número de escalones

El número de escalones en un test progresivo resulta ser un factor importante ya que incluye al mismo tiempo varias magnitudes:

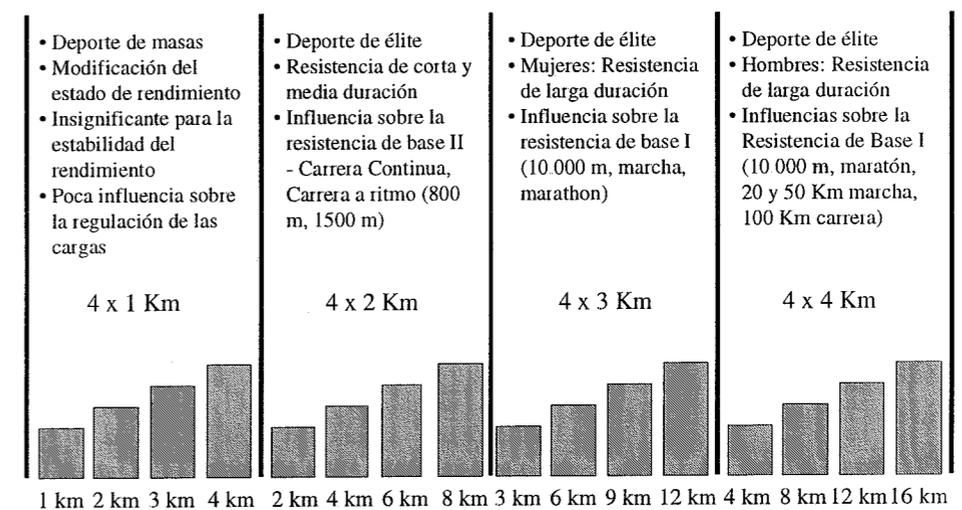
- la carga a realizar y el hecho de que el deportista sea capaz de ejecutarla.
- el problema de organización para el entrenador.
- el coste económico y las posibilidades de análisis.
- la relevancia en la práctica de los resultados.
- la fiabilidad de los resultados.

Todos estos aspectos se influyen mutuamente y pueden condicionar la determinación del número de escalones. De forma general, se puede decir que un test progresivo con un número inferior a cuatro escalones no permiten un diagnóstico fiable de las características determinantes del rendimiento, sobre todo en los estudios longitudinales.

9.4.1.2. La carga en cada uno de los escalones. Intensidad, duración y proporción de la progresión

Según que la especialidad a estudiar sea de corta, media y larga duración, se han considerado válidas duraciones de escalones de 1 hasta 15 minutos (figura 9.21).

Figura 9.21. Variantes de tests escalonados en carrera (Neuman y Gohlitz 1996)



En cualquier caso, en especialidades cíclicas, la distancia que se selecciona para cada escalón suele permanecer constante.

La elección de los escalones de carga se realiza de forma que en los escalones submáximos se consigan valores de lactato de 2 a 7 mmol/l. De esta forma se incluyen las magnitudes biológicas de umbral aeróbico (lactato 2 mmol/l), área de transición aeróbico-anaeróbico (lactato de 2 a 4 mmol/l) y umbral anaeróbico (lactato de 4 mmol/l), afectando de esta manera las áreas de regeneración, economización y desarrollo del entrenamiento de resistencia. En este sentido, el entrenamiento que comienza en el umbral anaeróbico dentro del área de desarrollo debe incluir al menos intensidades hasta un máximo de 7 mmol/l. Un escalonamiento entre el 5 y el 10 por ciento, hasta llegar al máximo o casi máximo de la intensidad también puede ser un buen criterio para establecer la magnitud de la progresión de la intensidad (Pansold, Zinner et al. 1996).

Los escalones incluyen de esta manera los mecanismos dependientes de la intensidad y los intercambios de sustratos (grasas e intercambio aeróbico/anaeróbico de hidratos de carbono).

9.4.1.3. La duración de las pausas

En la mayoría de las modalidades deportivas, la realización del test se interrumpe entre cada escalón mediante pausas cortas. Dependiendo de las circunstancias, se utilizan pausas de 1 minuto a 10 minutos. En cualquier caso, la pausa elegida para el test progresivo no debe variar a efectos de comparación de las curvas.

En tests específicos de una modalidad deportiva, se elige la duración de las pausas en concordancia con la intensidad a realizar en cada escalón de tal manera que se evite la formación y eliminación de efectos acumulativos y se pueda realizar formalmente y matemáticamente el cálculo de la curva de rendimiento de lactato. La posibilidad de realización práctica de un test progresivo con las intensidades programadas dependerá del estado de entrenamiento y de la duración de las pausas entre los escalones.

Un punto crucial en la práctica de un test progresivo es el tercer escalón, especialmente cuando se realiza un test de cuatro escalones, por lo que su estructuración debe elegirse con mucho cuidado. Se pueden evitar muchos errores si previamente se realiza un escalón máximo, considerando la máxima concentración de lactato y partiendo de éste se calcula varios niveles de intensidades. Fuentes de errores comunes se producen por:

- iniciar el primer escalón con excesiva intensidad,
- pausas excesivamente cortas en relación con la intensidad del primer escalón, por lo que el efecto de acumulación aumenta en los siguientes escalones, teniendo como resultado una falsa curva de rendimiento de lactato.

9.4.1.4. El momento de extracción de sangre para la determinación de la concentración de lactato

El momento para la determinación de lactato se lleva a cabo a partir de la intensidad, la duración de la carga y sobre todo, del mecanismo utilizado para la disposición de energía.

Durante la realización de cargas dentro del área aeróbica, se puede mantener el momento de extracción en 3 minutos, ya que tras esta forma de trabajo, se encuentran valores de lactato elevados inmediatamente después de finalizar la carga. Sin embargo, después de cargas de competición en el área de resistencia de corta y media duración, el máximo se encuentra claramente más tarde que el minuto 3. El momento en el cual se obtiene el máximo se puede estimar con dos a tres extracciones, todas dentro de los primeros 10 minutos. Especialmente para el cálculo real de la curva de rendimiento-lactato y el pronóstico que se pueda establecer de ella, este aspecto es de gran importancia. En algunas disciplinas de diferentes modalidades deportivas, puede ocurrir que el máximo de la concentración de lactato en sangre en algunos individuos se produzca entre el minuto 10 y el minuto 20 (por ejemplo, atletismo, 400 m, natación, 100 m).

La máxima concentración de lactato tiene que ser valorada en relación al perfil de intensidad así como el estado de entrenamiento. Como ejemplo, 4 puntos de mediación hasta el minuto 20 permiten detectar el lactato máximo con mucha aproximación.

9.4.1.5. Aspectos previos a la realización del test

La alimentación, la intensidad y el espacio temporal de la carga previa determinan el nivel de los almacenes de sustrato de glucógeno en el músculo y la actividad de las enzimas de la glucólisis anaeróbica, y por ello la formación de lactato.

Al aumentar la intensidad de las cargas, en deportistas con un consumo máximo de oxígeno similar, el lactato en sangre aparece más pronto, cuanto mayor es la concentración de glucógeno muscular.

Con un depósito por debajo de 10 gr/kg de peso muscular húmedo, el músculo no es capaz de formar el lactato con suficiente velocidad. Por estas causas, para obtener un diagnóstico válido en la regulación del entrenamiento de corta y mediana duración al determinar la concentración de lactato, se deben evitar drásticas modificaciones del perfil de la pre-carga, sobre todo en el caso de la elaboración de las curvas de rendimiento-lactato. Esto conduce a realizar los tests de la siguiente manera:

- La realización del test dentro de una estructura similar de carga dentro del microciclo.

- El mantenimiento de una alimentación adaptada al entrenamiento.
- El mantenimiento de condiciones previas similares (calentamiento).

También tiene su importancia las condiciones individuales del deportista (por ejemplo, distribución de los tipos de fibras musculares o ejecución técnica).

En este sentido, se ha comprobado que en deportes cíclicos, las variaciones de la frecuencia de ciclo sobre una misma intensidad afectan de forma significativa la concentración de lactato (Navarro 1997). Con frecuencias más elevadas se provocan valores de lactato más altos, por lo que se debe mantener un modelo de frecuencias similares para poder comparar los resultados de los tests y reflejar simultáneamente a la concentración de lactato, la frecuencia de ciclo en relación con la velocidad. La representación gráfica, de forma simultánea a la relación rendimiento-lactato, de rendimiento - frecuencia de ciclo, e incluso de frecuencia cardiaca - rendimiento pueden ayudar a facilitar una interpretación más correcta.

La realización de estas recomendaciones para la estructuración del test tiene una importancia de primer orden ya que la validez del modelo de la función exponencial depende en gran medida de esta estructuración de test, puesto que una distribución diferente exigiría otro modelo. La obtención de resultados no interpretables se debe, en la mayoría de los casos, a no mantener las recomendaciones antes explicadas y menos a las dificultades de la determinación de lactato o deficiencias teóricas en el modelo de la curva de rendimiento-lactato

9.4.2. ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE LACTATO

9.4.2.1. Fiabilidad de la curva

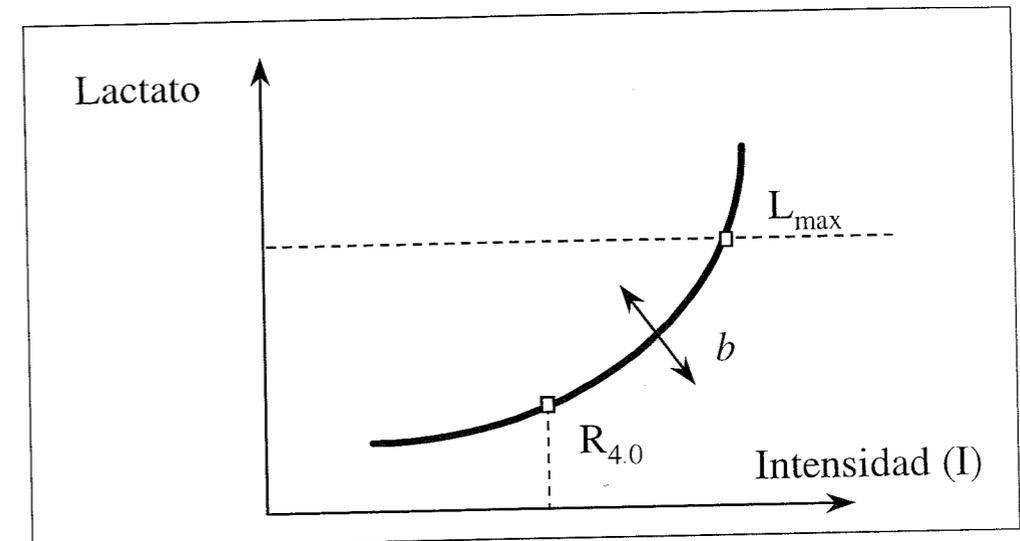
Como ya se ha mencionado, para el diagnóstico del rendimiento por medio del cálculo de las curvas de rendimiento-lactato, es necesario determinar la función correspondiente a la forma de tipo exponencial $Y = a \cdot e^X$ ($Y = \text{lactato}$, $X = \text{intensidad}$). A través del coeficiente de determinación (r^2) de la curva calculada, se podrán estimar con mayor objetividad los posibles errores del análisis de la curva. Los aspectos que más pueden afectar en sentido negativo al valor de r^2 son el empleo de número reducido de escalones bajos y un escaso ajuste de los puntos de intensidad-lactato a la curva exponencial. Por tanto, es importante comprobar el coeficiente de determinación y ser cauto en la interpretación de los resultados de la curva si éste no supera el valor de 0,95.

9.4.2.2. Indicadores característicos de la curva

Una vez calculada la curva exponencial y comprobado un elevado coeficiente de determinación, se pueden seleccionar diversos indicadores que permitan interpretar el estado de rendimiento del deportista. Los más utilizados son (figura 9.22):

- los niveles de rendimiento correspondientes a unos valores de concentración de lactato determinado (2, 3, 4, 6 mmol/l, etc.). De éstos, los más utilizados son el valor de rendimiento equivalente a los 4 mmol/l (R_4) como indicador de la capacidad aeróbica de rendimiento del deportista y el lactato máximo (L_{max}) como indicador de suministro de energía anaeróbico-láctico.
- el valor de la pendiente de la curva, reflejado por el valor del exponente b , como indicador de las capacidades de la potencia y/o nivel de la técnica deportiva.

Figura 9.22. Representación esquemática de indicadores característicos de la curva de rendimiento-lactato. Adaptado de Pansold et al. (1996)



Para el análisis de la capacidad de rendimiento aeróbica se suelen presentar los valores de rendimientos con una concentración de lactato de 2,0 mmol/l (umbral aeróbico) y 4,0 mmol/l (umbral anaeróbico). Entre ambos umbrales, también se ha considerado útil el indicador de rendimiento con un valor de lactato de 3 mmol/l (R_3).

Pansold et al (1996) señalan que el R_3 se muestra más adecuado para el control de especialidades de larga duración y más eficaz para el desarrollo de la resistencia mediante esfuerzos continuados, mientras que el R_4 ofrece la posibilidad de obtener unas indicaciones más precisas de entrenamiento para el desarrollo de la capacidad de rendimiento aeróbico en el límite aeróbico-anaeróbico con entrenamientos interválicos y para capacidad aeróbica de esfuerzos de corta y media duración.

No obstante, aunque se entienda que estos indicadores tienen una gran importancia para el diagnóstico, no existe una relación perfecta entre dichos indicadores y los datos que se obtienen en los distintos tipos de entrenamiento para la mejora

del rendimiento aeróbico. Queremos expresar con ello que, por ejemplo, el indicador R_4 no siempre puede ser un buen indicador de la intensidad aeróbica.

La determinación de una capacidad de rendimiento aeróbica estandarizada conlleva el peligro de una valoración muy rígida que pueda estar sujeta a errores. Resultados de investigaciones indican que en pruebas de resistencia, los sujetos bien entrenados tienen un umbral aeróbico-anaeróbico menor que los sujetos poco entrenados, además de que dentro de ambos grupos se pueden dar grandes fluctuaciones. Las determinaciones algorítmicas de umbrales individuales, que ya hemos mencionado anteriormente, pueden ayudarnos a dar una mayor precisión para las recomendaciones en el entrenamiento.

El trazo de la curva de rendimiento de lactato se ve influido por el nivel de la capacidad de potencia del deportista y las condiciones específicas de cada deporte o las individuales de la estructura del movimiento. El comportamiento de la inclinación (b) de la curva de rendimiento-lactato condiciona el modo y la forma de los valores máximos de lactato (L_{max}) con relación a la capacidad aeróbica (R_4), así como el máximo rendimiento realizable.

La concentración máxima de lactato en sangre (L_{max}) se relaciona con la expresión de la máxima capacidad del sistema. Sin embargo, también en esta relación se pueden manifestar diversas fluctuaciones de las concentraciones máximas de lactato. Interesa, en cualquier caso, asegurar la frecuencia de movimientos y el tiempo mínimo necesario para la glucólisis anaeróbica. Como se ha visto en la capacidad aeróbica, existen muchas posibilidades prácticas para obtener la capacidad máxima anaeróbica. Sin embargo, las más relevantes son las que se realizan con rendimientos de una alta especificidad.

9.4.2.3. Interpretación de las curvas de rendimiento-lactato

Las variaciones de la curva de rendimiento-lactato durante el entrenamiento pueden darnos indicaciones de cara a la posterior planificación del entrenamiento (Grosser, Brüggemann et al. 1989). En la figura 9.23 se muestra una curva tipo de lactato que permite las siguientes interpretaciones:

- Desplazamiento a la derecha, especialmente en la parte baja de la curva (1): Mejora de la resistencia de base aeróbica.
- Desplazamiento a la derecha en la mitad de la curva (2): Posible mejora de la potencia específica y/o técnica
- Desplazamiento a la derecha y arriba, especialmente en la parte alta de la curva (3): Mejora en el nivel anaeróbico.

Así pues, la mejora del rendimiento deportivo se produce, en general, en función de la modificación (a) del rendimiento en valores de concentración de lactato bajas (4 mmol/l o inferiores) (desplazamientos hacia la derecha o hacia abajo en la parte baja de la curva; (b) del exponente b en base a una mayor o menor pendiente de la curva, y (c) de la concentración de lactato máxima (punto superior de la curva). Sólo en casos excepcionales, la mejora del rendimiento estará basada en la modificación de una sola de estas características, siendo lo más usual que la mejora del rendimiento deba explicarse por el efecto simultáneo de estas tres características (figura 9.24).

Figura 9.23. Interpretaciones sobre la curva de lactato

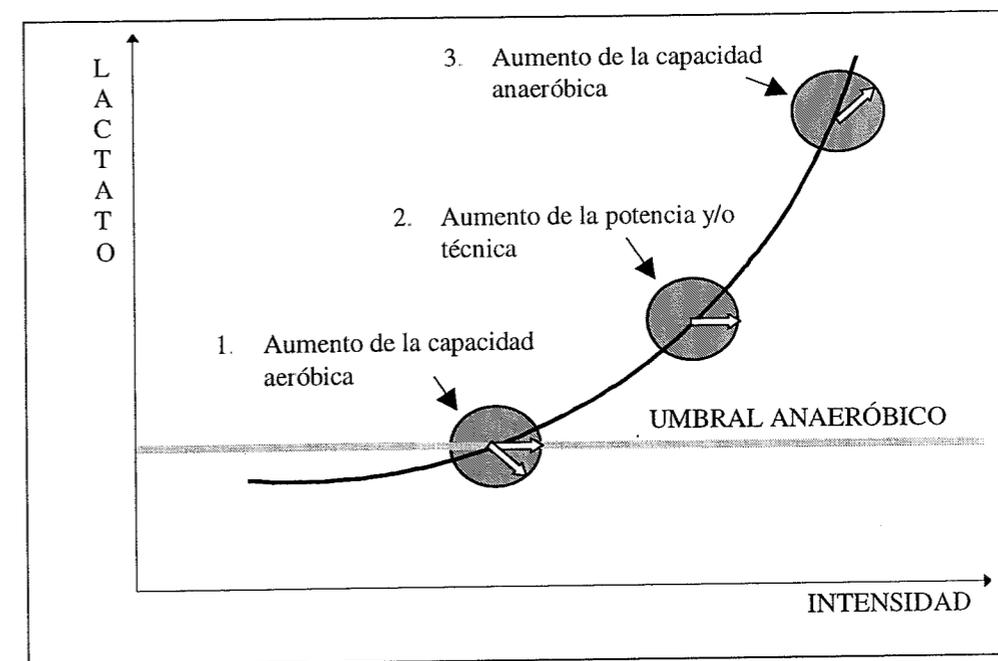
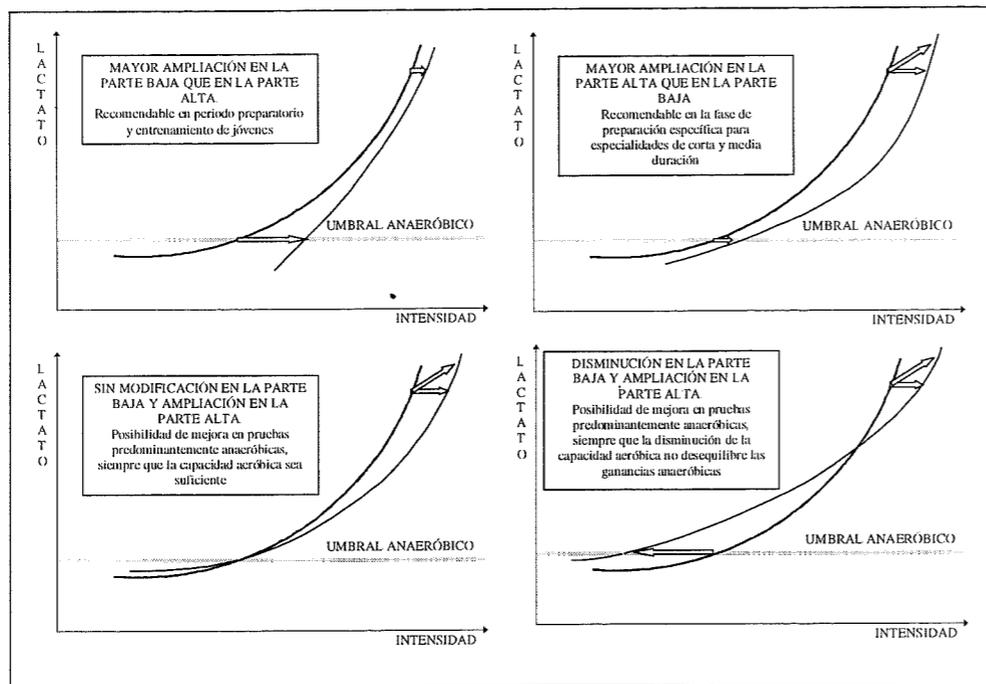


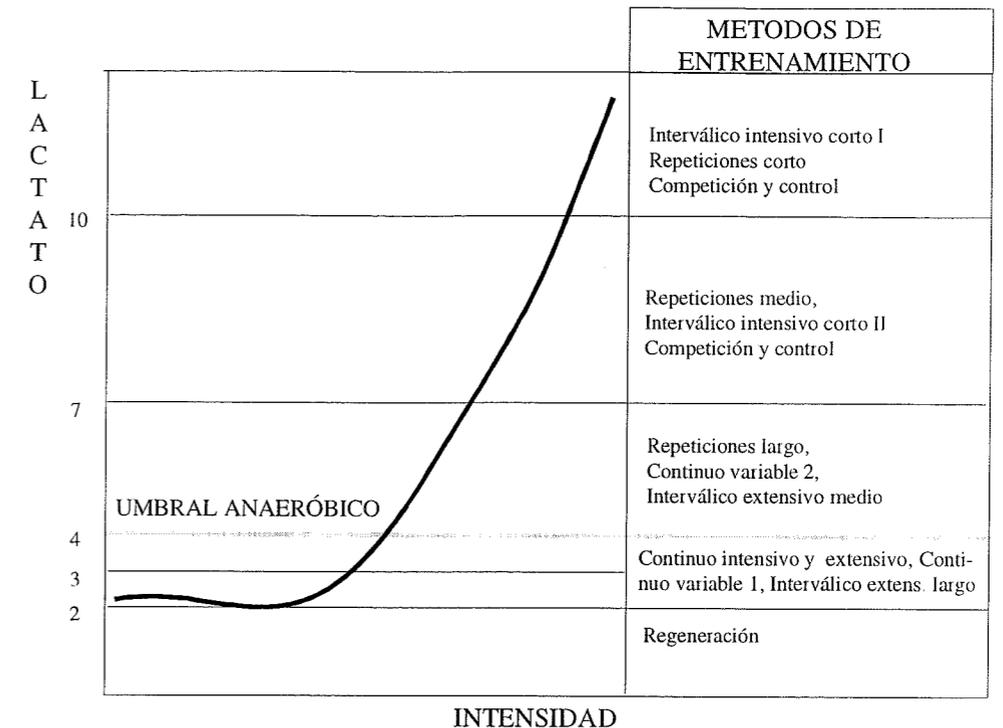
Figura 9 24. Posibilidades de mejora del rendimiento en base a la comparación de las curvas de lactato



9.4.2.4. Influencia del entrenamiento sobre las modificaciones de las curvas de rendimiento-lactato

El empleo racional de los métodos de entrenamiento facilitará las adaptaciones específicas en las zonas de carga adecuadas para la mejora del rendimiento de cada especialidad de resistencia. El énfasis con volúmenes elevados de los distintos métodos provocarán mejoras del rendimiento en las zonas especialmente implicadas en la curva rendimiento-lactato (figura 9.25).

Figura 9 25. Influencia de los métodos de entrenamiento sobre las modificaciones de la curva de rendimiento-lactato



Pero también es decisivo, para el logro de una capacidad óptima de rendimiento en los deportistas jóvenes de resistencia, la estructuración, de forma conveniente, de las cargas de entrenamiento en el proceso de entrenamiento a largo plazo. En la figura 9.26 se muestra la dependencia de la concentración de lactato de un corredor de medio fondo en dos tests (Raczek 1990). El desarrollo desfavorable en la zona de cargas máximas es fácilmente observable, a pesar de un cierto incremento en los valores de umbral. Este entrenamiento inadecuado no sólo influyó en el resultado de los 800 metros sino que también indica un volumen demasiado grande en la zona de intensidad baja, significando un error en la aplicación de los métodos de entrenamiento que corresponden a las demandas de un corredor de medio fondo (figura 9.26).

En la figura 9.27 se muestra el caso opuesto. El error metodológico está en un volumen de carga demasiado pequeño y, a la vez, un uso demasiado intensivo de la carga. Los resultados esperados de rendimiento de resistencia no se lograron. El perfil de la curva de rendimiento-lactato en el segundo test tiene una mayor pendiente y el umbral anaeróbico se desplaza a la izquierda. Puede decirse, de forma general, que en los deportistas jóvenes de resistencia, la mejora de la capaci-

dad específica de rendimiento debe ir paralela a un mayor aplanamiento en el perfil de la curva, mostrando a la vez una intensidad de trabajo más elevada (figura 9.28), si bien esta tendencia al aplanamiento será más acentuada en las especialidades de mayor duración que en las de menor duración (Braumann, Busse et al. 1990).

Figura 9.26. Modificaciones en la curva de rendimiento-lactato de un joven corredor de medio fondo como resultado de un aumento excesivo del volumen de las cargas de entrenamiento. Adaptado de Raczek (1990)

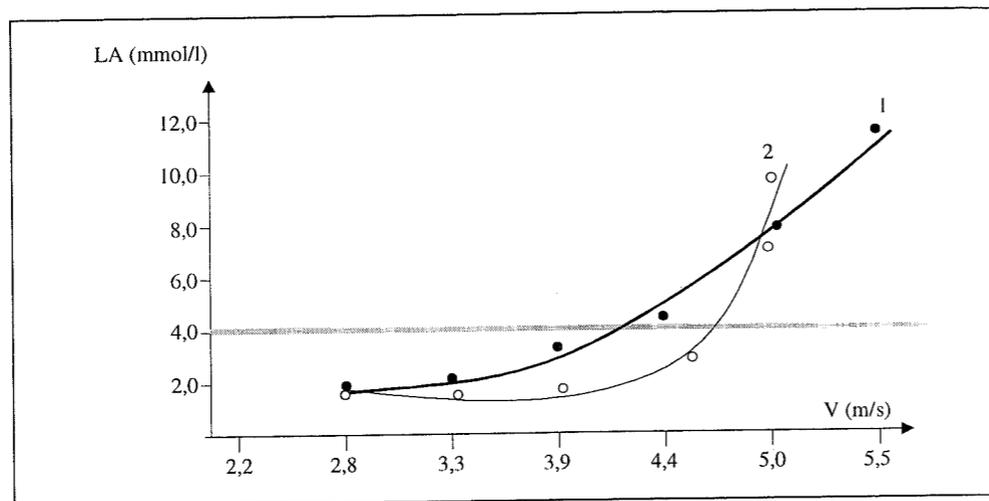


Figura 9.27. Modificaciones en la curva de rendimiento-lactato de un joven corredor de medio fondo como resultado de un aumento excesivo en la intensidad de las cargas de entrenamiento. Adaptado de Raczek (1990)

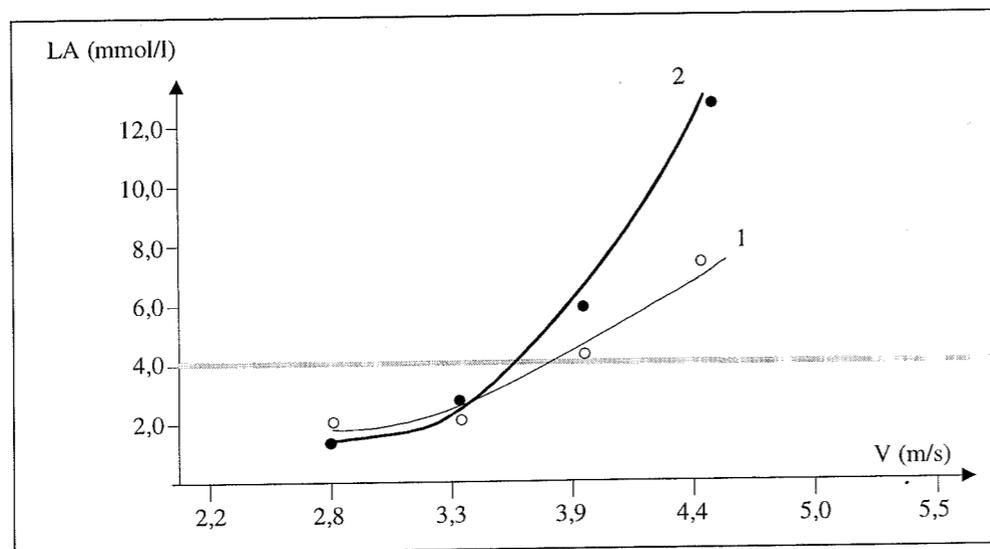


Figura 9.28. Modificaciones en la curva de rendimiento-lactato de un nadador de 1500 metros libres durante 5 años de entrenamiento

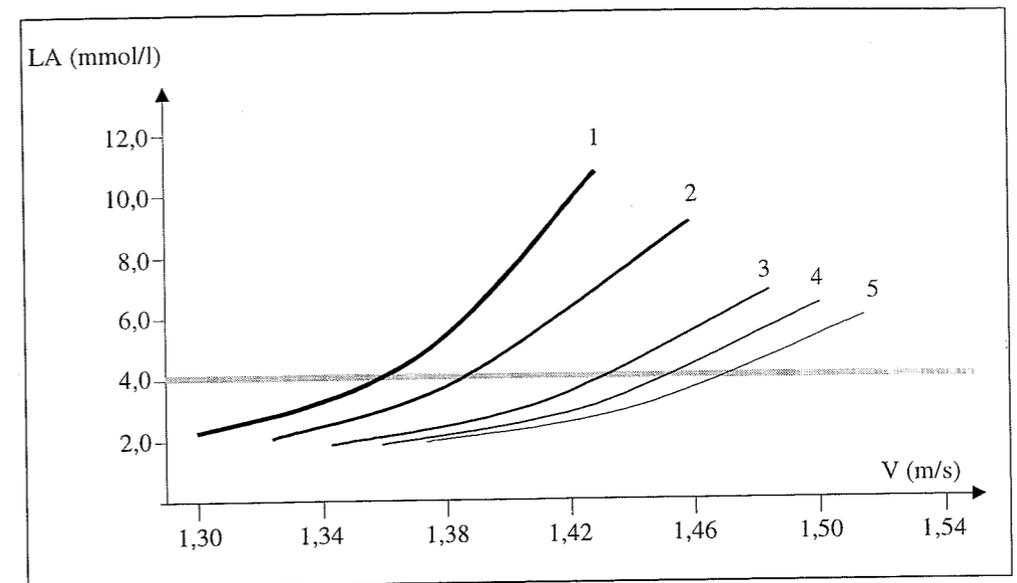
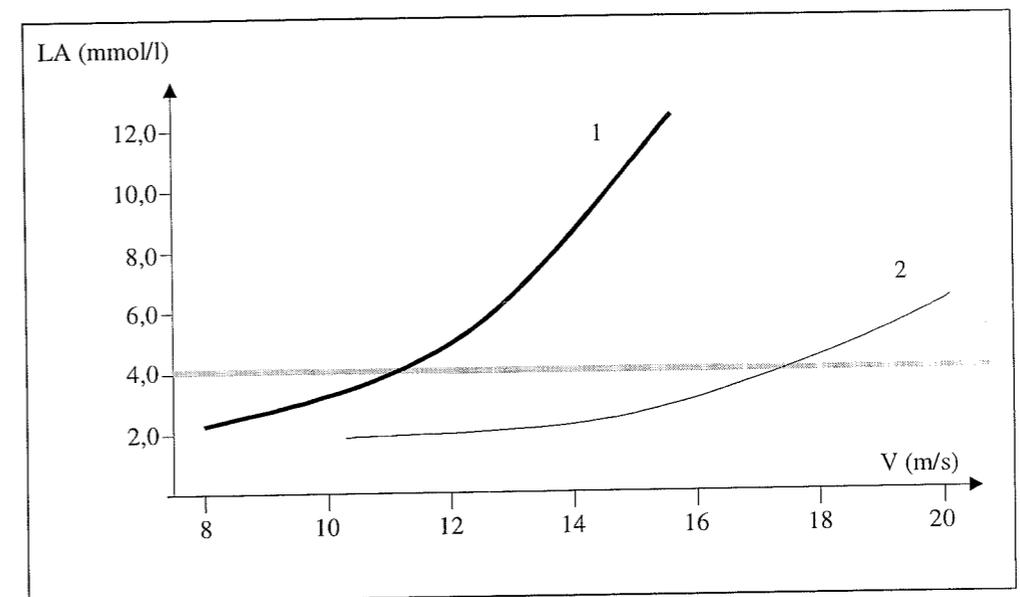


Figura 9.29. Comparación de curvas de rendimiento-lactato de un velocista (Tiempo personal en 100 m. = 10.38, curva 1) y un fondista (tiempo personal en maratón = 2:13.00, curva 2) en un test en cinta rodante. Adaptado de Brauman (1987)



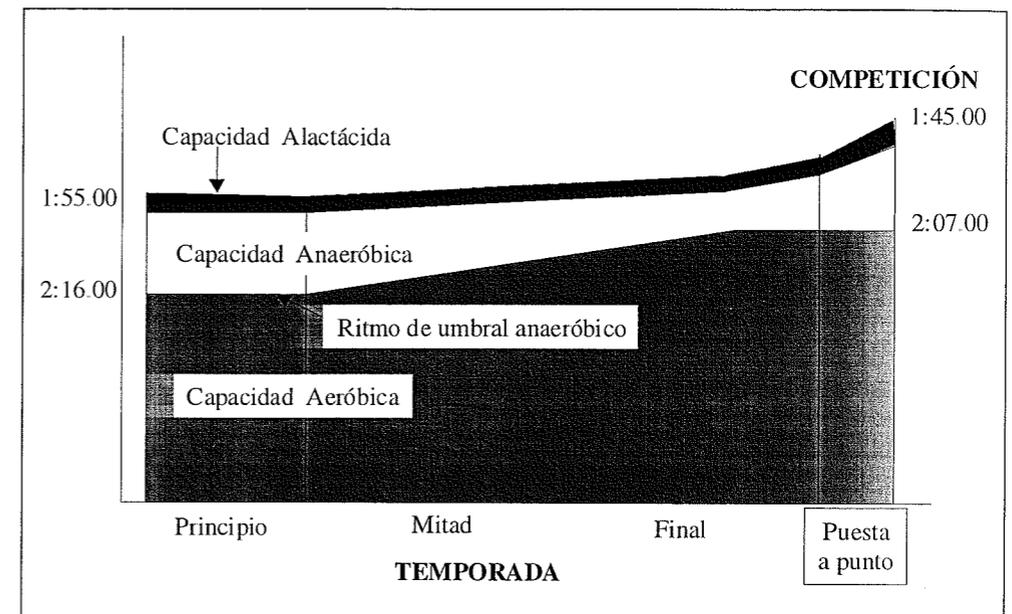
Estos hechos indican que el perfil de relación óptima entre la concentración de lactato y la intensidad de entrenamiento juega un papel importante en el logro de elevados niveles de rendimiento en las diferentes pruebas de resistencia. Los ejemplos presentados confirman la complejidad del proceso de entrenamiento y el empleo de volúmenes y proporciones óptimas de las cargas de entrenamiento. En estos casos, uno de los aspectos destacados en la planificación del entrenamiento a largo plazo de un modelo es la distribución racional de la carga en las zonas de intensidad adecuadas, teniendo en consideración las demandas específicas de la especialidad y las características del organismo de los jóvenes.

9.4.2.5. Influencia de la puesta a punto sobre las modificaciones de las curvas de rendimiento-lactato

El hecho de que en frecuentes ocasiones se observara un retroceso de la curva de rendimiento de lactato en momentos próximos a la competición principal, ha provocado una interesante discusión (Gullstrand y Holmer 1980; Sharp, Vitelli et al. 1984) sobre las causas que originaban tal eventualidad. El cese del entrenamiento o el descenso en el volumen del mismo, características comunes de la puesta a punto, son argumentos que algunos autores aluden para explicar el retroceso de las curvas de lactato y dando por supuesto que va en detrimento del rendimiento en la competición. Así, Gullstrand (1980) señala un excesivo aumento del trabajo anaeróbico junto al descenso del volumen de entrenamiento como las razones de tal retroceso. Este autor propone un menor descenso en el volumen y una mayor cantidad de entrenamiento anaeróbico durante la temporada corriente para disminuir este factor que a su juicio repercutiría negativamente en los resultados de competición.

Sharp (1984) atribuye al excesivo descenso del entrenamiento aeróbico que se realiza en la puesta a punto y cree que un menor retroceso de las curvas repercutiría positivamente en el rendimiento en competición. En este sentido, Maglisho (1993, p. 213) considera que el mantenimiento de la capacidad aeróbica y el aumento de otras capacidades es lo que garantiza el éxito de una puesta a punto para el logro de los mejores rendimientos (figura 9.30)

Figura 9.30. Modelo teórico del progreso fisiológico durante una temporada de entrenamiento para un nadador de 200 metros libres. Adaptado de Maglisho, (1993, 213)



Estos estudios evidencian que la necesaria reducción del entrenamiento de la puesta a punto o el final de temporada tiene repercusiones negativas sobre la curva de rendimiento-lactato, pero que éstas se pueden minimizar con una adecuada planificación del entrenamiento en la que interviene decisivamente la pericia del entrenador.

9.4.2.6. Importancia de la relación de los parámetros cinemáticos con la concentración de lactato

Una de las formas más utilizadas para el análisis de la técnica deportiva de los deportes cíclicos de resistencia es el estudio de los parámetros cinemáticos, de la frecuencia de ciclo y la longitud de ciclo (Curry 1975; Hay 1978; Craig y Pendergast 1979). La frecuencia de ciclo corresponde al número de ciclos por unidad de tiempo. En natación, se considera un ciclo de brazos la acción completa de los brazos en su trayectoria de tracción y de recobro. La longitud de ciclo es el resultado de la distancia que recorre el nadador en un ciclo completo de brazos. Así pues, el producto de la frecuencia de ciclo por la longitud de ciclo representa la velocidad del deportista.

La demanda de energía (E) depende de la eficiencia ($eff.$), la resistencia del cuerpo (d_b) y la velocidad (v). Por tanto, E es función de la frecuencia de ciclo y la longitud

de ciclo. El suministro de energía total es la suma del metabolismo aeróbico (VO_2) y el metabolismo anaeróbico (la glucólisis conduce a la producción de lactato y la degradación de los fosfatos, especialmente el fosfato de creatina (CP). Cuando los esfuerzos duran más de 20 segundos por debajo de las condiciones de estado estable, CP es constante. En velocidades bajas, el lactato producido puede ser eliminado y la concentración de lactato permanece constante, pero en altas velocidades por encima del 70-80% del VO_{2max} , el lactato en sangre se acumula como una función de la frecuencia y la longitud de ciclo (Weiss, Reischle et al. 1988). Más aún, la eficiencia durante un trabajo constante depende de la frecuencia en movimientos cíclicos. Esto ha sido comprobado en cicloergómetros (Stegeman, Ulmer et al. 1968; Gorostiaga 1984), remo (Raatz y Krause 1977) y carrera (Cavanagh y Williams 1982).

Existen algunos estudios que demuestran que las variaciones de frecuencia de ciclo producen variaciones en la concentración de lactato en sangre. En un ejercicio de pedaleo con los brazos de carácter aeróbico en una máquina isocinética cybex (165 ± 18 vatios) con una duración de 6 minutos, se observó que cuando la frecuencia de ciclo aumentaba por encima de aproximadamente el 10% de la frecuencia de ciclo natural, la concentración de lactato se incrementaba significativamente ($p < 0.01$) (Pelayo, Sidney et al. 1994). Estos datos concuerdan con los de Hagan et al. (Hagan, Weiss et al. 1992).

Otro estudio reciente en natación confirma lo anterior (Pelayo, Sidney et al. 1995). Después de determinar la velocidad máxima aeróbica (VMA) del nadador a través del test de Lavoie (Lavoie, Leger et al. 1985) y las frecuencias de nado medidas en cada escalón utilizando un frecuencímetro (Seiko, base 3), cada nadador nadó una serie de 200, 150 y 100 metros en estilo libre con salida cada 6 minutos a una velocidad constante sobre el 90%, 100% y 105% de la VMA con tres intentos en cada una de ellas. Durante el primero, los sujetos nadaron libremente (frecuencias de ciclo espontáneas, FCE). En los otros dos intentos, la frecuencia de ciclo fue impuesta a $\pm 10\%$ (FCE + 10%, FCE - 10%) de la frecuencia de nado observada en el primer intento gracias a un metrónomo situado en el gorro del nadador. En cada uno de los intentos se determinó la concentración de lactato tras el esfuerzo. Los resultados demostraron que los aumentos y disminuciones de la frecuencia de ciclo sobre la frecuencia de ciclo natural a una velocidad determinada producían incrementos en la concentración de lactato en sangre (Pelayo, Sidney et al. 1995). Como consecuencia de la relación entre estos datos y los de otros estudios se ha afirmado que la eficiencia durante un trabajo constante depende de la frecuencia en todos los movimientos cíclicos (Swaine y Reilly 1983; Keskinen y Komi 1988; Weiss, Reischle et al. 1988; Pelayo, Sidney et al. 1994; Pelayo, Sidney et al. 1995).

Se ha sugerido que el grado de metabolismo anaeróbico lactácido puede determinar las características técnicas mientras se nada. La reducción de la longitud de ciclo por encima del umbral de lactato podría estar conectada con la acumulación de lactato sanguíneo, mientras que la frecuencia de ciclo podría estar determinada

principalmente para mantener una adecuada activación neural (Keskinen y Komi 1993).

También se ha demostrado que durante ejercicios, utilizando protocolos incrementales en diferentes distancias de natación, la combinación de frecuencia de ciclo y la longitud de ciclo en la producción de la velocidad cambia con el aumento de la intensidad de nado (Keskinen y Komi 1988). La frecuencia de ciclo aumentó con el incremento de la velocidad con solo pequeñas diferencias entre las curvas en distancias de 100 metros y 300 metros. Por otro lado, la longitud de ciclo disminuyó cuando la velocidad aumentaba por encima del umbral de lactato. Los valores absolutos de longitud de ciclo a una velocidad determinada fue dependiente de la distancia, teniendo los valores más cortos cuando la distancia era más larga.

Un estudio sobre relación de la concentración de lactato en sangre (como factor fisiológico y metabólico) con los parámetros cinemáticos de frecuencia y longitud de ciclo (como factor técnico) ha demostrado que los valores de la velocidad, frecuencia y longitud de ciclo cambiaban bajo la influencia de aumentos progresivos de velocidad durante las diferentes fases de esfuerzo aeróbico y anaeróbico, o lo que es lo mismo, en cada uno de los tres niveles de intensidad (Navarro 1996).

En la zona de intensidad baja ($LAC < 3mM/l$), que corresponden a velocidades bajas y de naturaleza aeróbica, el aumento de la velocidad se producía (figuras 9.31, 9.32) por el incremento de la frecuencia de ciclo y estabilización de la longitud de ciclo (modelo A) o por crecimiento inverso de ambos (modelo B) (figuras 9.33 y 9.34). En esta zona en que los niveles de concentración de lactato son mínimos y, por tanto, se trabaja por debajo del umbral anaeróbico, es comprensible que se pueda permitir un natural alargamiento de la longitud de ciclo, libre de una fatiga muscular local. El alto nivel de longitud de ciclo podría indicar que aunque existe una leve intervención anaeróbica, como se demuestra por una lenta acumulación de lactato en la sangre, la velocidad no fue lo suficientemente rápida para causar acumulación de lactato. El lento incremento de la frecuencia de ciclo representa bajo estas circunstancias el procedimiento básico para aumentar la velocidad en esta zona de intensidad.

En la zona de intensidad media ($3 < LAC < 5$), la cual consideramos como una zona de transición aeróbica-anaeróbica y dentro de la cual presumiblemente se alcanza el umbral anaeróbico del nadador, los valores de la longitud de ciclo empiezan a disminuir más significativamente con el aumento de la concentración de lactato (figuras 9.31, 9.32, 9.33, 9.34) y de la frecuencia de ciclo. Estas observaciones sugieren que los cambios en las variables técnicas, como las descritas especialmente por la longitud de ciclo, podrían ser atribuibles a cambios simultáneos de las variables metabólicas, como tradicionalmente se ha considerado con la concentración de lactato. Estas observaciones están de acuerdo con los resultados obtenidos por Keskinen en los que en un test de 14x100 metros nadados en el estilo

crol, observó que la brazada fue acortada y los nadadores requerían una frecuencia de brazada más elevada (Keskinen y Komi 1988). Otros resultados similares fueron obtenidos por Weiss et al. que observaron que la longitud de ciclo disminuía y la frecuencia de ciclo aumentaba de forma lineal hasta el umbral anaeróbico, y desde el comienzo de la acumulación de lactato, la longitud de ciclo disminuía y la frecuencia de ciclo aumentaba a valores más elevados (Weiss, Reischle et al. 1988). Es necesario recalcar que a en este estudio se ha demostrado la presencia de otro comportamiento técnico, no señalado por estos autores.

Figura 9.31. Ejemplo de comportamiento técnico de la frecuencia de ciclo y la longitud de ciclo en relación con la velocidad de nado en el test de 5x200 metros crol en un nadador (Modelo A)

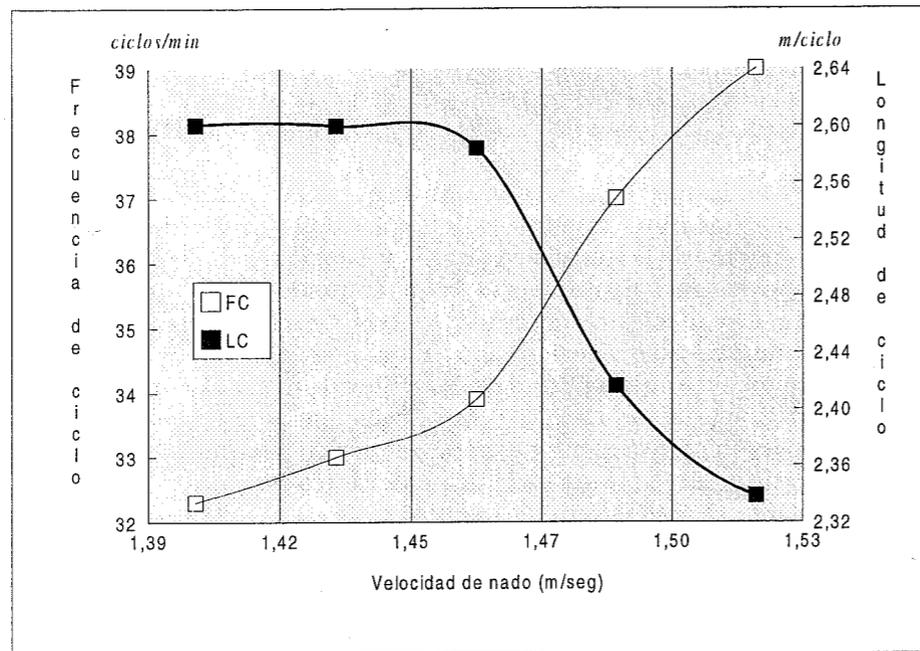
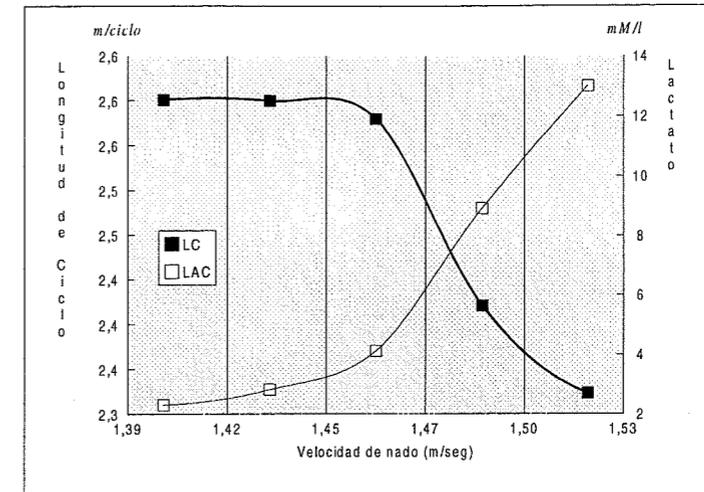


Figura 9.32. Ejemplo de comportamiento de la longitud de ciclo y la concentración de lactato en sangre en relación con la velocidad de nado en el test de 5x200 m. crol en un nadador (Modelo A)



En el estudio de la totalidad de los nadadores estudiados (N = 101) se observó como la longitud de ciclo sirve para la caracterización de dos modelos. El primero, al cual denominaremos a partir de este momento "modelo A", corresponde al mismo que se da en el nadador que hemos citado como ejemplo en las figuras 9.31 y 9.32, es decir, una estabilización de la longitud de ciclo en los primeros niveles de menor velocidad de nado y una destacada disminución a partir del comienzo de una clara acumulación de lactato en sangre. En el segundo modelo, a partir de ahora "modelo B", se produce una continua disminución de la LC, más lentamente en los primeros niveles de velocidad más baja y mucho más rápida en el momento en que el metabolismo anaeróbico empieza a ser más determinante para la producción de más altas velocidades (figura 9.33 y figura 9.34).

Figura 9.33. Ejemplo de comportamiento técnico de la frecuencia de ciclo y la longitud de ciclo en relación con la velocidad de nado en el test de 5x200 metros crol en una nadadora (Modelo B)

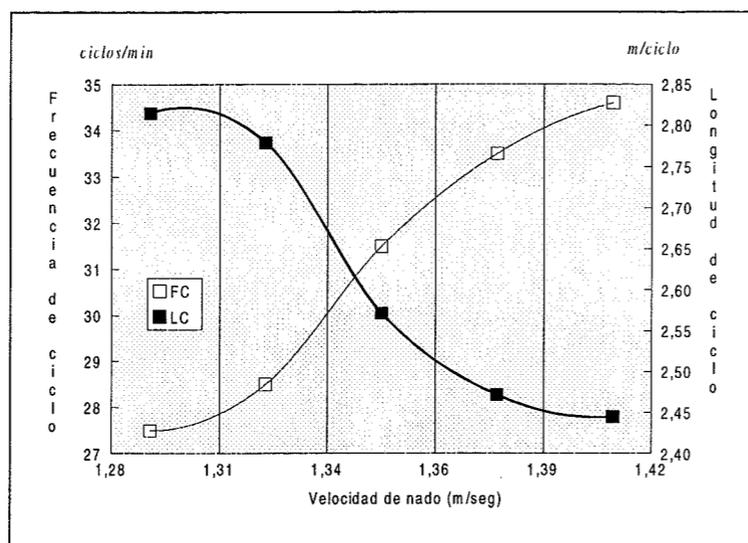
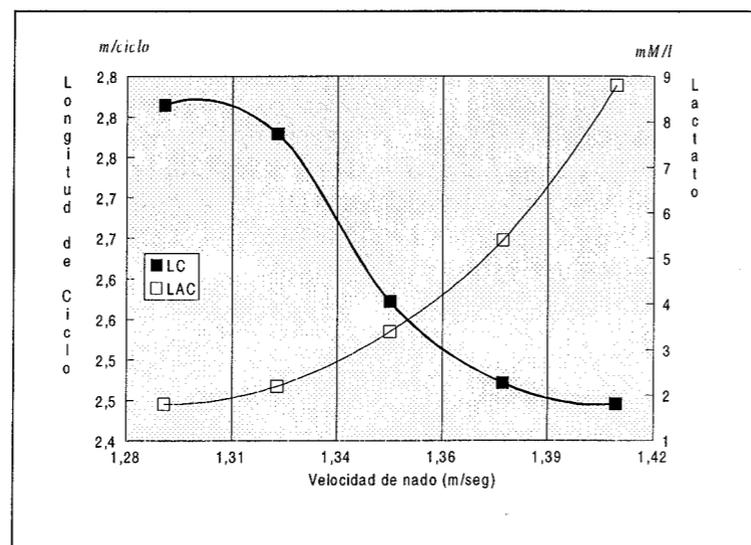
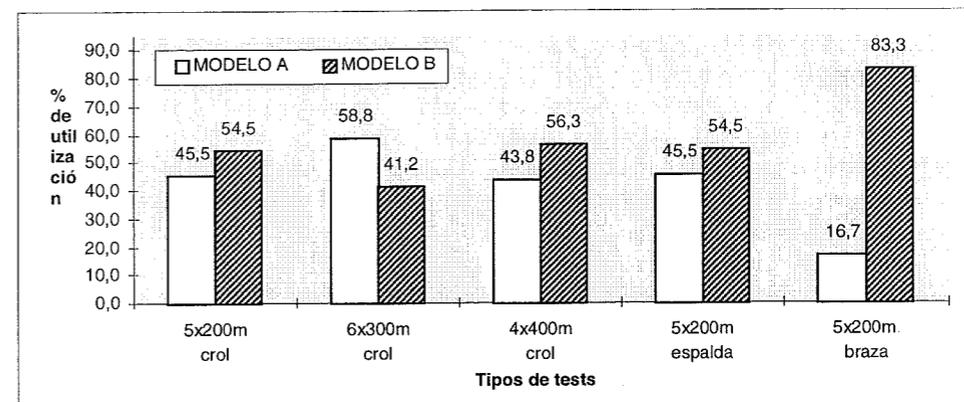


Figura 9.34. Ejemplo de comportamiento técnico de la longitud de ciclo y la concentración de lactato en relación con la velocidad de nado en el test de 5x200 metros crol en una nadadora (Modelo B)



Cada nadador puede ser caracterizado por alguno de los dos modelos (modelos A y B). El modelo B fue utilizado por un 58% de los nadadores y el modelo A por un 42%. En todos los tests estudiados, excepto en el 6x300 m crol, se detectó una mayor utilización del modelo B en relación con el modelo A, destacando especialmente el 83,3% de utilización del modelo B en los nadadores que realizaron el test de 5x200 metros braza (figura 9.35).

Figura 9.35. Distribución porcentual de la utilización de los dos modelos de comportamiento técnico en los distintos tests



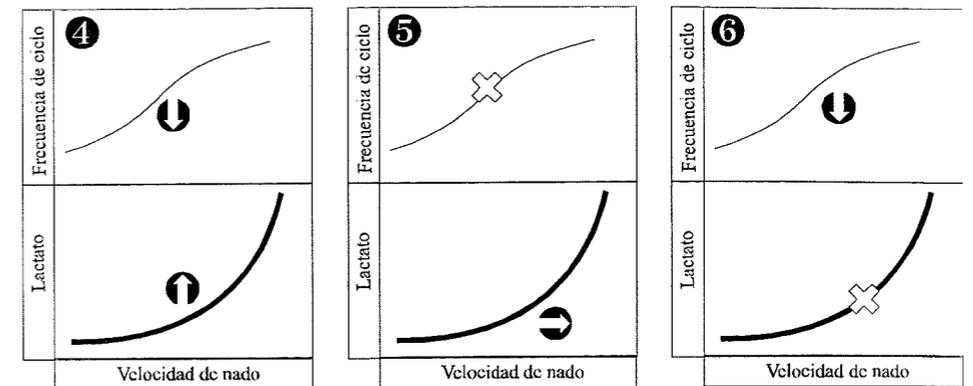
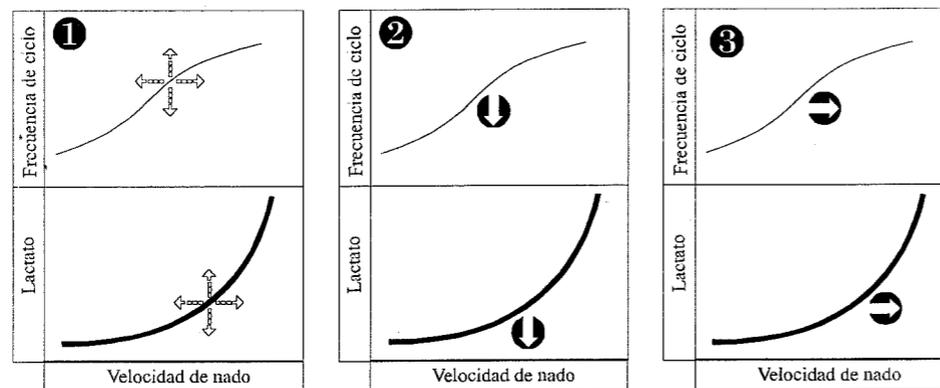
Debido a la disminución de la longitud de ciclo cuando los niveles de lactato son más elevados, se supone que la fatiga muscular durante el trabajo anaeróbico provoca la degradación de la técnica de natación óptima. Por tanto, la capacidad aeróbica parece jugar un papel muy importante en el mantenimiento de la técnica óptima cuando se nada en altas velocidades con alta frecuencia de ciclo.

Pocos nadadores fueron capaces de mantener una longitud de ciclo grande con elevadas concentraciones de lactato. Puede suponerse que también la tolerancia al lactato o la capacidad anaeróbica juegan un papel importante en el mantenimiento de una técnica de nado óptima. La escasa correlación entre la velocidad y la longitud de ciclo en las distintas zonas demuestra que existen diferentes tipos de nadadores. Los "sprinters", cuyos rendimientos dependen de la máxima fuerza (Sharp, Troup et al. 1982) y capacidad anaeróbica y que, como consecuencia, tienen una amplia longitud de ciclo; y "los resistentes", que mantienen frecuencia de ciclo más elevada debido a una mejor capacidad aeróbica y, por tanto niveles de lactato más bajos en altas velocidades.

Los resultados arriba expuestos demuestran la importante influencia de los parámetros cinemáticos sobre la concentración de lactato. Las interpretaciones metabólicas que se han hecho tradicionalmente, comparando la concentración de

lactato con la velocidad, podrían producir lecturas equivocadas si no se tienen en cuenta las variaciones que a una velocidad dada se producen en los parámetros cinemáticos de la frecuencia de ciclo y la longitud de ciclo. Es por ello que sugerimos la conveniencia de que los protocolos progresivos de lactacidemia añadan la medición de la frecuencia de ciclo (figura 9.36-1). De este modo, las posibles adaptaciones o desadaptaciones de los parámetros cinemáticos podrán interpretarse, junto a la influencia de la velocidad de nado en la concentración de lactato en sangre. Una mejora metabólica en el rendimiento del nadador se refleja por un desplazamiento hacia abajo de la curva lactato-velocidad, pero si se observa además una mejora técnica como la reducción de la frecuencia de ciclo en la misma velocidad dada, deberíamos concluir que posiblemente, la mejora del estado de rendimiento no provenga solamente de adaptaciones metabólicas sino también técnicas (figura 9.36-2). La misma interpretación sería factible en el caso de que tanto las curvas de lactato como las de frecuencia de ciclo se desplazasen a la derecha (figura 9.36-3), ya que los nadadores demostrarían haber mejorado su rendimiento por desarrollar mayor velocidad con la misma concentración de lactato y frecuencia de ciclo anterior. Si la frecuencia de ciclo desciende pero la concentración de lactato aumenta a una misma velocidad, las posibles mejoras del rendimiento estarían basadas fundamentalmente en su mejora técnica (Figura 9.36-4). Si, por el contrario, se apreciase un desplazamiento hacia la derecha de la curva y no se observasen modificaciones en la frecuencia de ciclo, podríamos estimar que las mejoras del rendimiento habrían sido fundamentalmente metabólicas (figura 9.36-5). En el último caso, las adaptaciones para la mejora del rendimiento serían fundamentalmente técnicas.

Figura 9.36. Posibilidades de interpretación de las curvas de lactacidemia en función de las variaciones de la velocidad y la frecuencia de ciclo (Navarro, 1996)



9.5. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO ANAERÓBICO

Un sistema práctico para medir el rendimiento anaeróbico es medir la capacidad de trabajo máxima en duraciones de pocos segundos hasta 90 segundos, donde la reposición de ATP depende principalmente de las vías anaeróbicas alactácidas y lactácidas. Los tres componentes principales de rendimiento anaeróbico relacionados con la duración del esfuerzo que se emplean comúnmente son (Bouchard, Taylor et al. 1992):

- La capacidad de rendimiento de duración corta
- La capacidad de rendimiento anaeróbica de duración media
- La capacidad de rendimiento de duración larga

9.5.1. VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO DE DURACIÓN CORTA

Esta componente se define como la capacidad de trabajo total durante ejercicios máximos que duran alrededor de 10 segundos. Se considera como una medida del rendimiento anaeróbico alactácido, el cual está soportado principalmente por la concentración de ATP muscular, el sistema ATP-CP y la glucólisis anaeróbica. Se estima como una medida indirecta de la capacidad anaeróbica alactácida en los músculos involucrados.

Algunos tests empleados para medir esta capacidad son:

- El test de Margaria
- El test de Quebec

- El test máximo isocinético de 10 segundos
- El test de 50 metros

9.5.1.1. El test de Margaria

Fue propuesto en 1966 por Margaria y cols. (1966) para medir la potencia anaeróbica máxima calculando la potencia producida al subir unos escalones a la máxima velocidad posible.

Consiste en subir 12 escalones (17,5 cm. de altura) de dos en dos, tras una carrera previa de 2 metros. Se determina el tiempo invertido en subir un número impar de escalones (considerados en grupos de dos, por ejemplo 6 / 10 escalones), activado por células fotoeléctricas y la *diferencia en altura* entre ambas células fotoeléctricas situadas en los escalones 8 y 12.

La potencia viene dada por la fórmula:

$$PAL = (P \times 9.8 \times A) / T$$

Donde

- P = potencia aláctica (W)
- 9.8 = aceleración normal de la gravedad (m/seg)
- P = peso del sujeto (Kg)
- A = altura vertical las dos células fotoeléctricas
- T = tiempo invertido en recorrer el espacio entre las dos células fotoeléctricas

9.5.1.2. El test de Quebec

Se realiza en un cicloergómetro Monark modificado. Una célula fotoeléctrica registra la frecuencia de pedalada y las almacena en un microcomputador y un potenciómetro registra la carga de trabajo. Un sistema electrónico de tiempo controla la salida al microcomputador y se computa el trabajo total realizado cada segundo. La carga inicial se determina de acuerdo al peso corporal (alrededor de 0.09 kp/Kg) mientras es manualmente ajustado durante el test de modo que el sujeto pueda mantener una alta velocidad de pedalada de 10 a 16 m/seg.

El test consiste en dos intentos de esfuerzos máximos de 10 segundos. El sujeto debe hacer lo siguiente:

1. Pedalear siempre en posición sentada.
2. En la primera señal, pedalear en 80 rpm mientras la carga de trabajo es ajustada rápidamente (dentro de 2-3 segundos).
3. A la señal de "ya", pedalear tan rápido como sea posible durante 10 segundos.

La capacidad de trabajo se registra en julios (J) o en julios por kilogramo de peso corporal (J/kg) durante el mejor rendimiento de 10 segundos. La potencia en vatios (W) o vatios por kilogramo de peso (W/Kg) se computa en la capacidad de trabajo más alta en 1 segundo. Se puede utilizar un índice de fatiga o disminución de la potencia, definido como la relación entre la potencia del último segundo y el primero de los 10 segundos de esfuerzo máximo.

9.5.1.3. El test máximo isocinético en 10 segundos

Con estos aparatos especiales, se puede medir el pico de potencia, la capacidad total de trabajo sobre la duración total del test y diversos índices de fatiga o indicadores de disminución de la potencia en función del tiempo que se considere atendiendo a las necesidades particulares. Se ha empleado especialmente en nadadores (Sharp, Troup et al. 1982).

9.5.1.4. El test de carrera de 50 metros

Se basa en la relación entre la duración del esfuerzo con los requerimientos de los tests de capacidad anaeróbica de corta duración. Pueden adaptarse a necesidades particulares de otros deportes (por ejemplo, 20 metros en natación). Pueden medirse las disminuciones de velocidad entre diversas fases de la carrera, así como las diferencias de rendimiento entre varias carreras, para valorarlas e interpretarlas en términos de potencia, capacidad de sostener la potencia.

9.5.2. VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO DE DURACIÓN MEDIA

Esta componente se define como la capacidad de trabajo total durante ejercicios máximos que duran alrededor de 30 segundos. Se considera como una medida de rendimiento anaeróbico principalmente láctico (aproximadamente 70%) y aláctica (15%). Se estima como una medida indirecta de la potencia anaeróbica láctica.

Algunos tests empleados para medir esta capacidad son:

- El test de Wingate de 30 segundos
- El test de carga constante de Bruyn-Prévost
- El test máximo isocinético de 30 segundos
- El test de 50 metros

9.5.2.1. El test de Wingate de 30 segundos

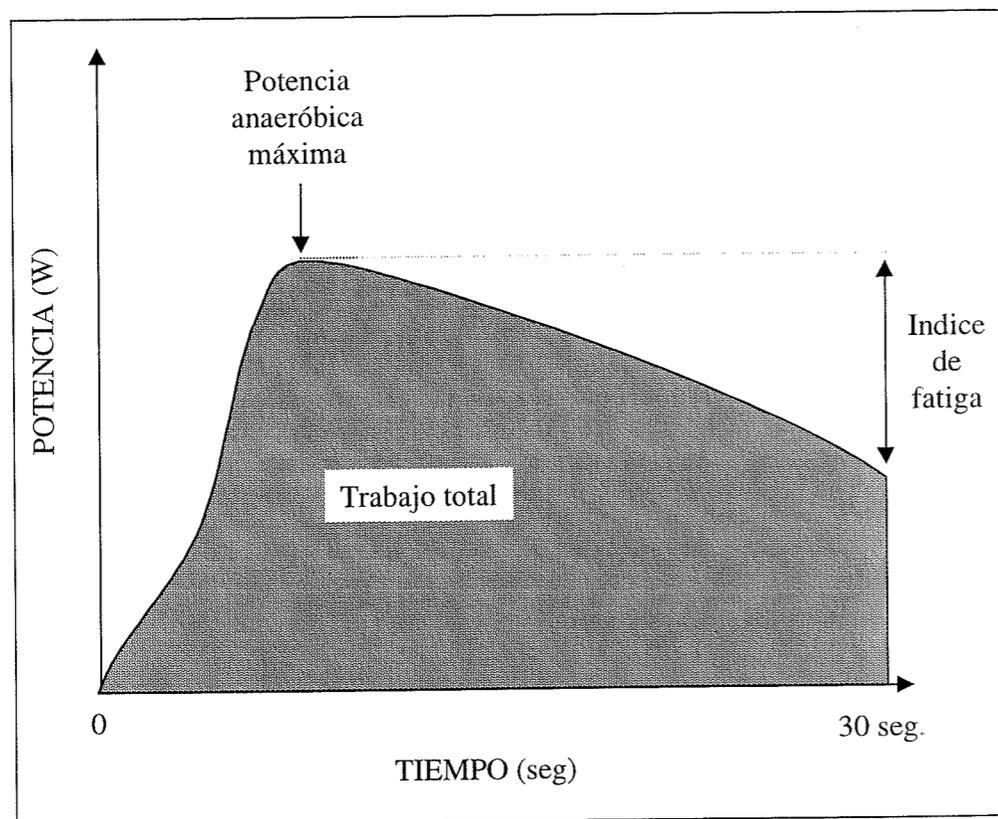
Consiste en pedalear lo más rápidamente posible durante 30 segundos (Ayallon y cols, 1974, citado en Bouchar, 1992). El ejercicio puede hacerse con las piernas o con los brazos en un cicloergómetro.

El sujeto debe pedalear lo más rápido posible durante 30 segundos. La resistencia es ajustada en pocos segundos (3-4 segundos), después de lo cual se activan el cronómetro y el cuentarevoluciones durante el período de 30 segundos.

En el test con las piernas, la resistencia de la carga es alrededor de 75g/kg del peso corporal en un ergómetro Monarck en adultos y en el test con los brazos, la carga es sobre 50 g/kg. Estos valores pueden aumentarse en función de las características individuales de los deportistas.

Se consideran tres indicadores: *Potencia media*, definida como la capacidad de trabajo media sobre el período de 30 segundos; *potencia máxima*, definida como la mayor potencia desarrollada durante el test en un período de 5 segundos; y el *índice de fatiga*, definido como la diferencia entre la potencia máxima y la potencia más baja en 5 segundos dividida por la potencia máxima (figura 9.37).

Figura 9.37. Test de Wingate



9.5.2.2. El test de carga constante de Bruyn-Prévost

Requiere un trabajo hasta el agotamiento con una potencia constante (Bouchard y cols, 1992). Se ejecuta en un cicloergómetro con un metrónomo.

La carga de trabajo se fija en 400 W y 124 a 128 rpm para los hombres y 350 W y 104 a 108 rpm para las mujeres. En los primeros 5 segundos, la carga de trabajo aumenta de 50 a 400 W para los hombres y de 50 a 350 W para las mujeres. El test finaliza cuando los sujetos son incapaces de sostener el ritmo de pedalada requerido.

El tiempo requerido para alcanzar el ritmo de pedalada necesario es el *tiempo de retraso*, y la duración total hasta el final del test es el *tiempo total*. Se determina un índice como el tiempo total dividido por el tiempo de retraso. Dicho índice y el lactato post-ejercicio se utilizan para evaluar la tolerancia anaeróbica y el rendimiento.

9.5.2.3. El test máximo isocinético de 20 a 50 segundos

Con estos aparatos especiales, se puede medir el pico de potencia, la capacidad total de trabajo sobre la duración total del test y diversos índices de fatiga o indicadores de disminución de la potencia en función del tiempo que se considere atendiendo a las necesidades particulares.

9.5.2.4. El test de rendimiento específico de 20 a 50 segundos

Se aplica con los mismos principios que el test de Wingate estimando la potencia máxima en pocos segundos, la potencia total durante un período de tiempo de 20 a 50 segundos y la declinación de la potencia (índice de fatiga) en el tiempo que dura el test.

Estos test pueden desarrollarse en carrera, natación, dribbling en fútbol y baloncesto, ciclismo, etc. En algunos casos el tiempo y la distancia pueden ser las variables dependientes, mientras que en otros pueden ser el trabajo y la potencia (Bouchard, 1992).

9.5.3. VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO DE DURACIÓN LARGA

Esta componente se define como la capacidad de trabajo total durante ejercicios máximos que duran alrededor de 90 segundos. Se considera como una medida equilibrada de rendimiento anaeróbico y aeróbico, y probablemente representa el límite extremo de duración que puede ser útil para valorar la capacidad de rendimiento anaeróbica de los deportistas. Los tests sobre esta duración permiten estimar

la capacidad de rendimiento total del sistema anaeróbico bajo condiciones máximas y cuantificar la disminución del rendimiento entre distintos tramos del test (por ejemplo, los primeros 30 segundos frente a los últimos 30 segundos) y valorar indirectamente las contribuciones y debilidades relativas de cada sistema de energía mientras el trabajo se desarrolla hasta los 90 segundos.

Bouchard y cols. (1992) citan los siguientes tests:

- Test de salto vertical de 60 segundos
- Test de Quebec de 90 segundos
- Test de cinta rodante de Cunningham y Faulkner
- Test máximo de 120 segundos
- Test máximo isocinético de 60 a 120 segundos
- Tests de rendimientos específicos de 60 a 120 segundos

9.5.3.1. El test de salto vertical de 60 segundos

Consiste en la ejecución consecutiva de saltos verticales máximos. Se registra el tiempo de vuelo durante cada salto y se suma durante el período de 60 segundos. Se requiere el aparato diseñado por Bosco denominado *ergojump*. El sujeto debe saltar continuamente con esfuerzos máximos y con las rodillas flexionadas aproximadamente 90° y las manos apoyadas en las caderas para minimizar el desplazamiento horizontal y lateral.

La potencia se determina con la siguiente fórmula:

$$W = (9.8 \times T_f \times 60) / 4N (60 - T_f)$$

Donde

W = potencia mecánica (W/kg)

9.8 = aceleración normal de la gravedad (m/seg)

T_f = suma total de tiempo de vuelo de todos los saltos, y

N = número de saltos durante 60 segundos.

Utilizando el tiempo de rendimiento de 60 segundos, se pueden seguir los cambios en diferentes períodos de tiempo (por ejemplo, cada 5 segundos) durante el test. Con el mismo equipamiento y aplicando similares principios, se pueden diseñar tests más cortos y más largos y seleccionar diversos períodos de tiempo del rendimiento total para valorar los cambios generados de potencia y evaluar la resistencia a la fatiga.

9.5.3.2. El test de Quebec de 90 segundos

Se ejecuta en cicloergómetro Monark modificado. Las condiciones de realización del test son las mismas que se han expresado en el test de Quebec de 10 segundos ya explicado, con la única diferencia de que a la señal de "ya", se pedalea aproximadamente a 130 rpm para los primeros 20 segundos y lo más rápido posible después de este tiempo hasta los 90 segundos. Se computa la potencia (w/kg) la capacidad de trabajo más elevada en 5 segundos. La determinación de la potencia generada cada 5 segundos permite la valoración de la disminución de la potencia con el tiempo. Pueden ser índices útiles de fatiga los que se obtienen por la relación entre la capacidad de trabajo total en cada tercio de la duración total.

9.5.3.3. El test de cinta rodante

Es un test de carrera máxima en una cinta rodante con una pendiente de 20% a 8mph. Se registra el tiempo (en segundos) hasta el agotamiento. También se puede medir el lactato sanguíneo a los 5 y 12 minutos después del esfuerzo.

9.5.3.4. El test máximo de 120 segundos

Se ejecuta en un cicloergómetro con un contador electrónico. La carga de trabajo es de 34 Kp/rev. ó 5.6 Kp en la escala del ergómetro. La duración es de 120 segundos.

A la señal, el sujeto pedalea tan rápido como sea posible, y la carga de trabajo se ajusta dentro de 1.5 segundos. El sujeto no es informado de la duración exacta del test, excepto de que es muy corto. El sujeto debe hacer tantas revoluciones como sea posible sin permitírsele elevarse del asiento.

9.5.3.5. Test máximos isocinéticos de 60 a 120 segundos

Con estos aparatos especiales, se puede medir el pico de potencia, la capacidad total de trabajo sobre la duración total del test (60 a 120 segundos) y diversos índices de fatiga o indicadores de disminución de la potencia en función del tiempo que se considere atendiendo a las necesidades particulares.

9.5.3.6. El test de rendimiento específico de 60 a 120 segundos

Se aplica con los mismos principios en los test de rendimiento específicos explicados anteriormente, pudiéndose estimar la potencia máxima en pocos segundos, la potencia total durante un período de tiempo de 60 a 120 segundos y la declinación de la potencia (índice de fatiga) en el tiempo que dura el test. Estos tests son especialmente utilizados en actividades deportivas con una componente humana de locomoción (Bouchard, 1992).

10. PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO EN LOS DEPORTES DE RESISTENCIA

La evolución hacia una mayor especialización del entrenamiento, el creciente interés por nuevos sistemas de planificación del entrenamiento que den respuestas más positivas en el alto rendimiento deportivo y los últimos avances de investigación en el campo del entrenamiento de alto nivel demandan la búsqueda de alternativas que permitan plasmar de forma metodológicamente precisa la aplicación de contenidos de entrenamientos precisos, con las cargas adecuadas y ordenados secuencialmente en el tiempo para alcanzar el máximo rendimiento posible en un momento determinado.

Un punto de partida práctico para diseñar el entrenamiento de cualquier especialidad deportiva consiste en integrar los contenidos correspondientes para su entrenamiento bajo tres diferentes niveles de actuación (*básico, específico y competitivo*) (Navarro 1995).

10.1. NIVELES DE ENTRENAMIENTO

El conjunto del entrenamiento físico es un cúmulo de contenidos con diferentes orientaciones y nivel de especificidad. Un deportista de una especialidad deportiva de resistencia de corta duración puede trabajar aeróbicamente o anaeróbicamente, entrenar la fuerza máxima o la resistencia a la fuerza o simplemente realizar un trabajo técnico. Es evidente que el rango de estos contenidos es muy diverso y, en consecuencia, sus efectos pueden ser muy distintos.

No podemos situar el máximo nivel de especificidad de entrenamiento de este deportista en una carga que suponga realizar el ejercicio competitivo de su especialidad (por ejemplo, carrera en un especialista de 800 metros lisos) pero a una velocidad inferior o incluso superior a la desarrollada en su prueba (800 metros lisos). Cualquier

consideración que hagamos sobre el nivel de especificidad del entrenamiento debe partir de que *el techo de la especificidad está en la realización de cargas de competición según la especialidad.*

Sin embargo, es un hecho que el empleo exclusivo de cargas de competición no son suficientes para la creciente mejora de resultados en la especialidad. Para el desarrollo de los componentes específicos de rendimiento de una especialidad determinada es necesario crear las bases que permitan en un mayor nivel ese desarrollo. Por tanto, se deberán contemplar unos contenidos de entrenamiento que tengan un mayor carácter de ampliación y desarrollo de los sistemas funcionales y las capacidades para su posterior transformación y adaptación al acto competitivo. Es por esta razón por la que consideramos oportuno partir de una distribución de contenidos de entrenamiento en función de su nivel de especificidad con respecto al rendimiento competitivo distribuidos en tres niveles de entrenamiento: *nivel básico, nivel específico y nivel competitivo* (figura 10.1).

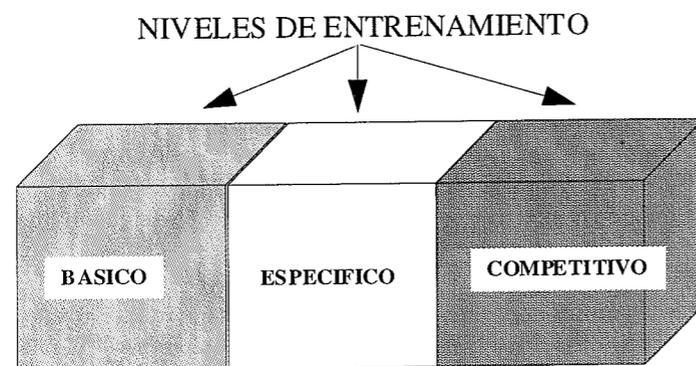


Figura 10.1. Niveles de entrenamiento

El nivel básico de entrenamiento supone ampliar y desarrollar los aspectos fundamentales de la preparación del deportista y crear una sólida base de preparación que facilite el entrenamiento de niveles superiores.

El nivel específico abarca el desarrollo de las capacidades específicas del deportista, con el fin de transferir el potencial básico adquirido a las condiciones específicas del rendimiento.

El nivel competitivo de entrenamiento pretende el desarrollo de las condiciones competitivas de la especialidad e integrar el desarrollo de las capacidades específicas en el rendimiento competitivo.

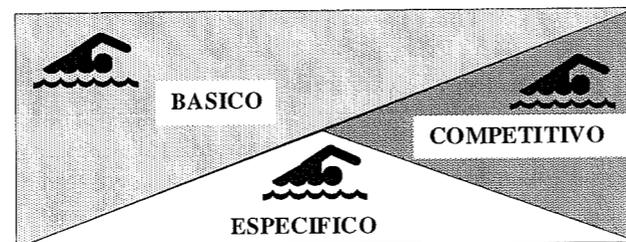


Figura 10.2. Progresión de la especificidad según los niveles de entrenamiento

El mejor rendimiento deportivo en cualquier especialidad se consigue respetando la prioridad de tratamiento de los contenidos de los distintos niveles en un sentido progresivo de mayor especificidad, es decir, desde el nivel básico hasta el nivel competitivo, pasando por el nivel de

entrenamiento específico. Pero esta secuencia en el entrenamiento atendiendo a sus niveles no debe entenderse como un orden en que el trabajo sobre los contenidos de un nivel supone excluir los otros contenidos. Se trata pues de priorizar contenidos de cada nivel en función del nivel de adaptación del deportista en el transcurso de sus ciclos de entrenamiento. El entrenamiento en el nivel básico adquiere una mayor importancia en los comienzos del ciclo para disminuir paulatinamente, mientras adquiere una mayor relevancia el entrenamiento correspondiente al nivel específico. Es en la última parte del ciclo donde adquiere una mayor importancia el nivel competitivo de entrenamiento (figura 10.2).

10.2. CONTENIDOS DE ENTRENAMIENTO DE CADA NIVEL

Los rendimientos de las especialidades deportivas de resistencia y de gran parte de los deportes de equipo dependen especialmente de las capacidades físicas, técnicas y tácticas desarrolladas. Cuando estas capacidades se relacionan con alguno de los niveles característicos de entrenamiento (básico, específico o competitivo), las capacidades adquieren una naturaleza diferenciada en función de su distinta orientación en el entrenamiento para su desarrollo. De este modo, cuando las capacidades se relacionan con las características de entrenamiento les llamaremos **componentes** de entrenamiento.

Por tanto, podemos considerar como componentes relevantes del entrenamiento en los distintos niveles las siguientes:

- En el NIVEL BASICO: fuerza básica, resistencia básica, velocidad básica, técnica básica y táctica básica
- En el NIVEL ESPECIFICO: fuerza específica, resistencia específica, velocidad específica, técnica específica y táctica específica
- En el NIVEL COMPETITIVO: fuerza competitiva, resistencia competitiva, velocidad competitiva, técnica competitiva y táctica competitiva (figura 10.3)

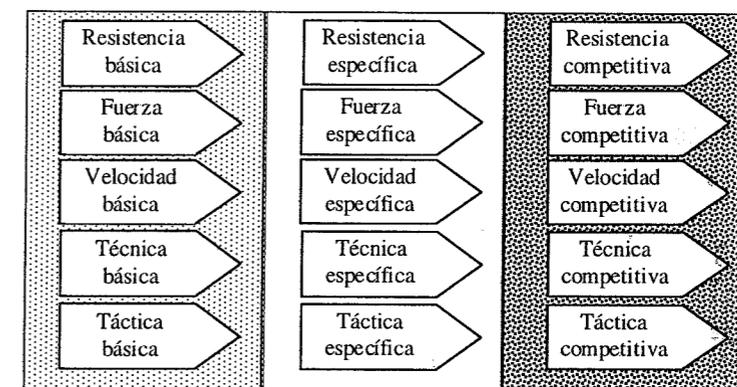


Figura 10.3. Las capacidades según el nivel de entrenamiento

En función de las características de rendimiento de cada especialidad deportiva, cada componente tendrá orientaciones diferentes de entrenamiento que llamaremos **contenidos**. Así, por ejemplo, la *capacidad de resistencia básica* en una disciplina de resistencia de RDC debe ser entrenada por medio de contenidos de entrenamiento de la *resistencia aeróbica ligera* (en el ámbito de umbral aeróbico) y la *resistencia aeróbica media* (a nivel de umbral anaeróbico); la *resistencia específica* a través de los contenidos de entrenamiento para el desarrollo de la *resistencia mixta* (resistencia aeróbica intensa) y la *resistencia anaeróbica láctica* (potencia y capacidad glucolítica), y la *resistencia competitiva* a través del entrenamiento del *ritmo de la prueba o la propia competición*.

10.3. DISTRIBUCION DE LOS CONTENIDOS DE ENTRENAMIENTO

Según lo expresado en el párrafo anterior, cada especialidad de resistencia (RDC, RDM, RDL) tendrá unos contenidos determinados de entrenamiento para las componentes de resistencia (figura 10.4), fuerza (figura 10.5), velocidad (figura 10.6), técnica y táctica en los niveles de entrenamiento básicos, específicos y competitivos. La presencia de cada componente en cada nivel no presupone la misma importancia de cara al entrenamiento para la mejora del rendimiento en una especialidad deportiva determinada. Cada componente tendrá un "peso" en el entrenamiento de cada capacidad. Los números entre paréntesis (figura 10.4, 10.5 y 10.6) indican un valor en orden de importancia de 0 a 5 que se da a cada contenido de entrenamiento para cada componente en función de las necesidades de entrenamiento para la mejora del rendimiento en cada una de las especialidades de natación.

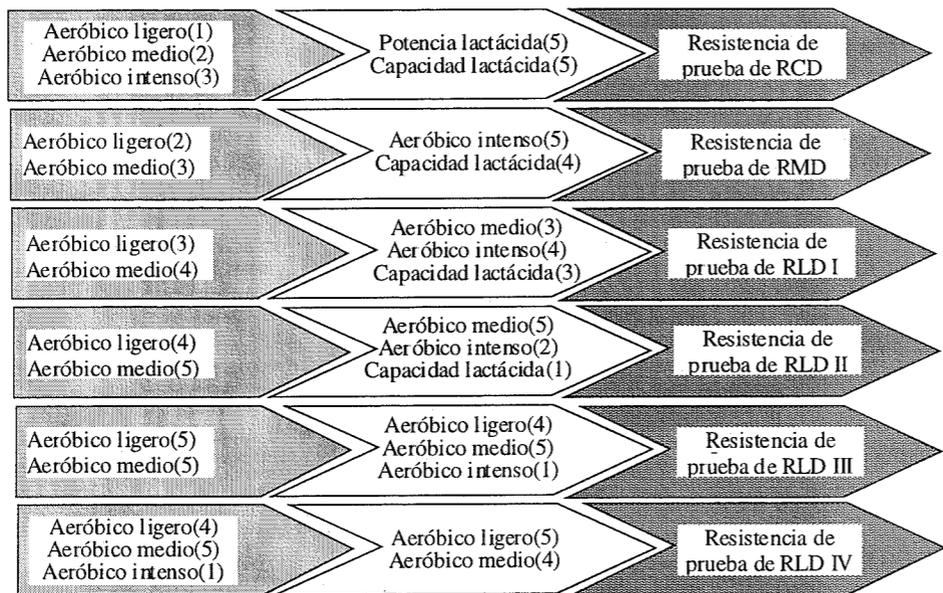


Figura 10.4. Contenidos de entrenamiento de la resistencia básica, específica y competitiva en cada especialidad de resistencia

Figura 10.5. Contenidos de entrenamiento de la fuerza resistencia básica, específica y competitiva en cada especialidad de resistencia

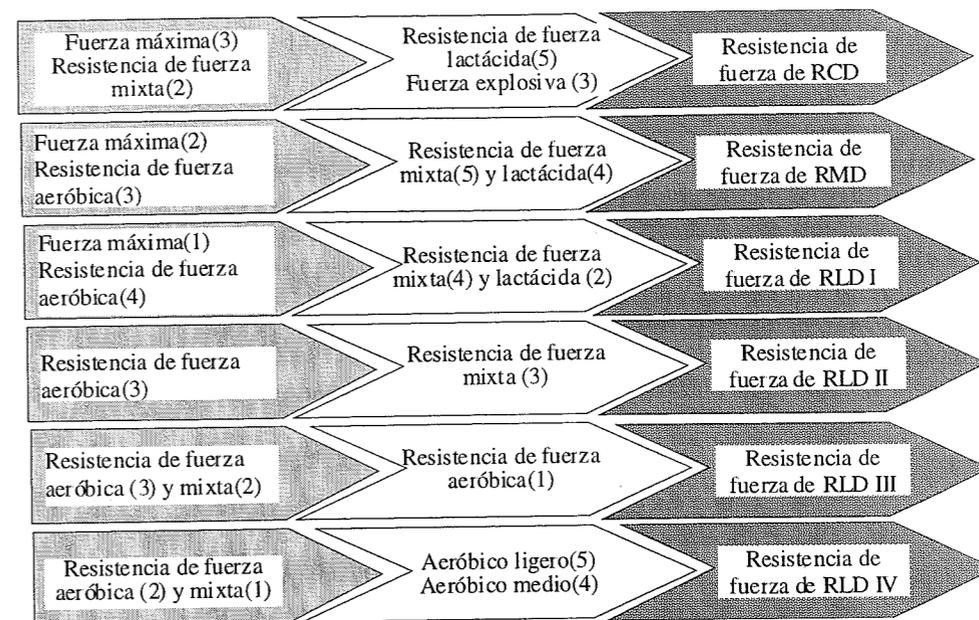
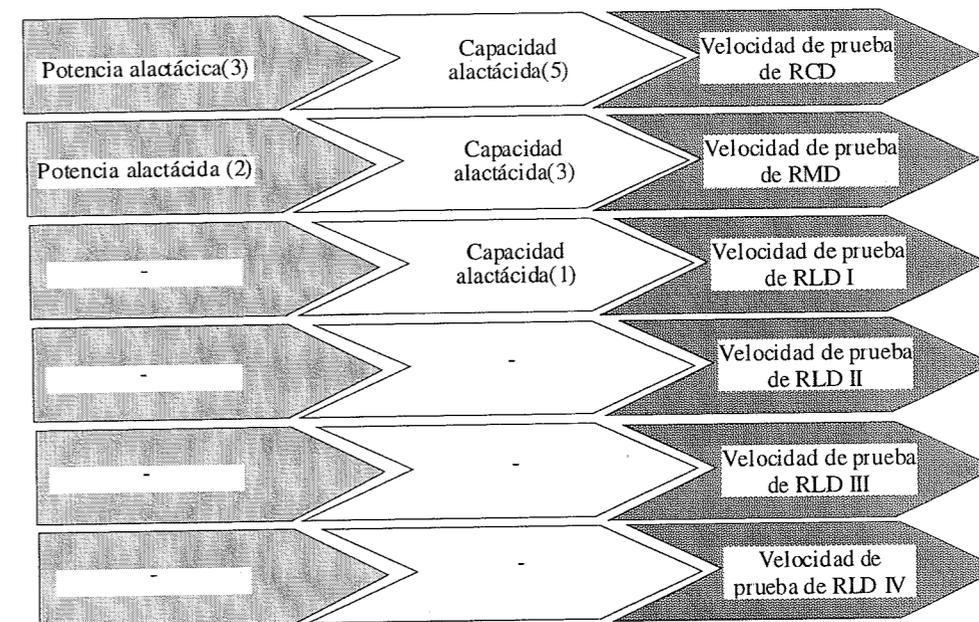


Figura 10.6. Contenidos de entrenamiento de la velocidad básica, específica y competitiva en cada especialidad de resistencia



10.4. FACTORES QUE AFECTAN AL ENTRENAMIENTO DE CADA NIVEL

Así pues, la aplicación de determinados contenidos de entrenamiento al nadador provocarán las adaptaciones que en cada momento persiga el entrenador en función de sus objetivos. Sin embargo, para esta misión el técnico debe tener en cuenta que obtendrá una mayor efectividad en el diseño de los entrenamientos si proyecta su atención, además de lo dicho hasta el momento, a otros factores o circunstancias que suelen estar presentes en cada momento o situación. Es como si cada factor fuera una pieza de un puzzle que hasta que no se recomponga y se ajuste adecuadamente no permitiría sacarle el máximo provecho al resultado perseguido, en nuestro caso, el efecto más adecuado del entrenamiento que se aplique. Estos factores son: la edad del deportista, su nivel de experiencia, el estado de entrenamiento, su especialidad deportiva y el modelo de planificación del entrenamiento que se utilice (figura 10.7).

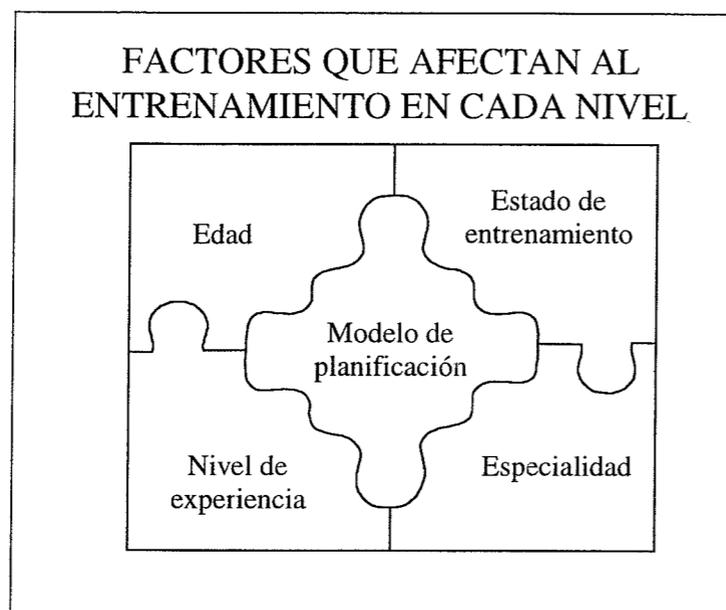


Figura 10.7

Edad. En las primeras etapas de la formación del nadador se debe considerar como prioritario el tratamiento del nivel básico del entrenamiento.

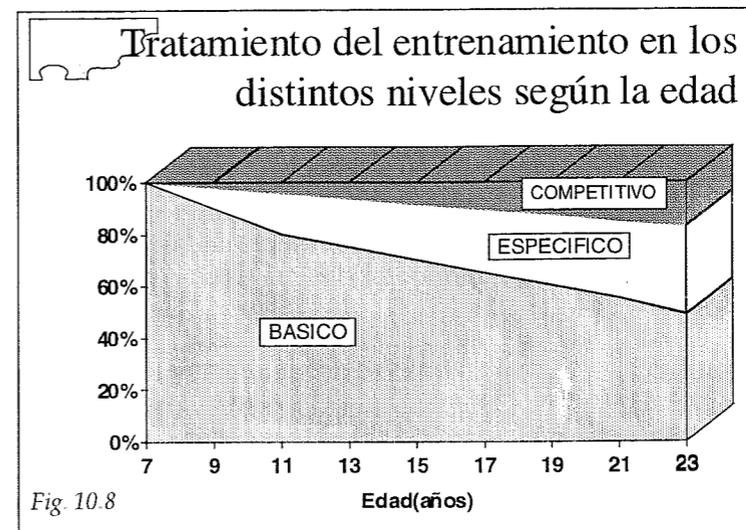


Fig. 10.8

del deportista, siendo importante para un adecuado desarrollo de sus reservas de entrenamiento que se respeten estas prioridades desde sus inicios en el entrenamiento.

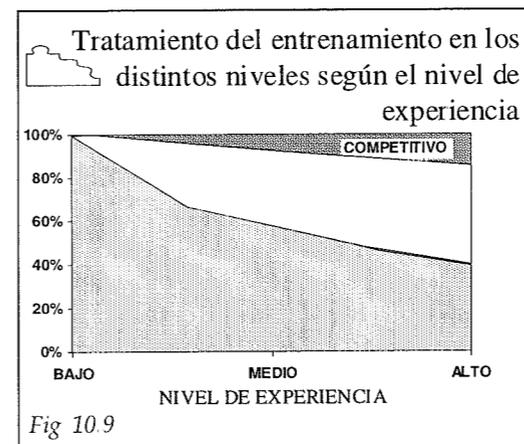


Fig. 10.9

Estado de entrenamiento. Un deportista desentrenado o con un bajo nivel de preparación necesita aumentar sus potencialidades básicas antes de poder afrontar una preparación específica y cualitativamente más intensa. Es por ello por lo que ante un peor estado de preparación del nadador exista una mayor necesidad de entrenamiento en el nivel básico.

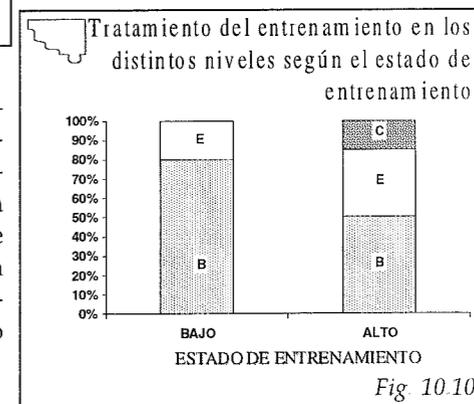


Fig. 10.10

A medida que el deportista va siendo de mayor edad, alcanza una mayor importancia el nivel de entrenamiento específico y competitivo (figura 10.8).

En cualquier caso, los tres niveles de entrenamiento se encuentran en mayor o menor medida a lo largo de la carrera deportiva

Nivel de experiencia. Cuanto mayor sea el nivel de experiencia del nadador en el entrenamiento, tanto más relevante será que su entrenamiento se enfoque, en mayor medida, hacia el nivel específico y competitivo.

Por el contrario, cuando menor sea su nivel de experiencia, la atención al entrenamiento deberá centrarse en una mayor extensión en el nivel básico (figura 10.9).

Opuestamente, a mejor nivel de preparación, más factible será dedicarse al entrenamiento del nivel específico y competitivo (figura 10.10).

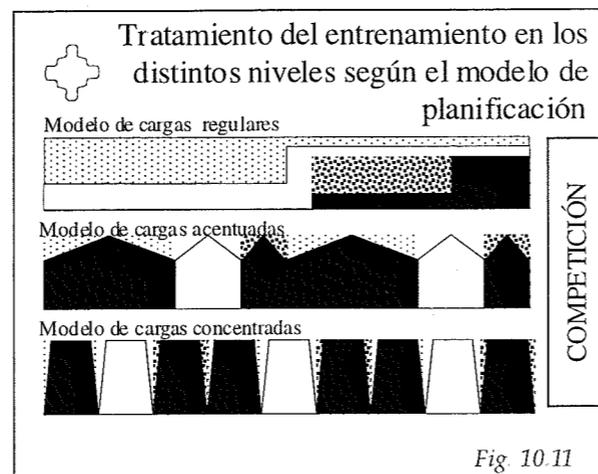
Especialidad. En función de que la especialidad de la resistencia sea de corta o larga duración, también puede verse afectada la mayor o menor atención que deba ponerse en el entrenamiento característico de los distintos niveles. En las especialidades de resistencia de corta duración, será menor la necesidad de grandes volúmenes y prolongación del trabajo en el nivel básico. Sin embargo, a medida que la especialidad de resistencia sea de mayor duración será más prioritario el énfasis en el nivel básico de entrenamiento.

Modelo de planificación del entrenamiento. La prioridad del entrenamiento en los distintos niveles se extiende de mayor tiempo a menor tiempo en los modelos de cargas continuas a cargas concentradas en un ciclo de entrenamiento. En la figura 10.11 puede observarse como la distribución de los niveles de entrenamiento será diferente en función del modelo de planificación que se utilice. En los modelos de cargas regulares, los contenidos de entrenamiento se distribuyen a

lo largo de la mayor parte del ciclo de preparación, si bien se establece una intervención preferente de los contenidos de entrenamiento con la secuencia ya explicada de nivel básico-específico-competitivo. En los modelos de planificación del entrenamiento con cargas acentuadas, la magnitud de carga de los contenidos de entrenamiento será mayor en una duración más reducida de prioridad en el entrenamiento de los contenidos propios de cada nivel. Por último, en los modelos con cargas concentradas, las magnitudes de carga de cada nivel se llevan próximo a los límites de posibilidades de cada deportista, lo que obliga a que la duración del entrenamiento para cada nivel se reduzca aún más que en el caso anterior.

10.5. MODELOS DE PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO EN DEPORTES DE RESISTENCIA

La planificación del entrenamiento ha experimentado significativas modificaciones en los últimos años. Estos cambios se han manifestado sobre todo en los contenidos y la estructura del proceso de entrenamiento y la secuencia para el desarrollo de



las capacidades. Hoy en día, las capacidades determinantes del rendimiento se desarrollan estrictamente una después de otra. El viejo sistema del desarrollo simultáneo de todas las capacidades determinantes del rendimiento ha dejado de ser especialmente válido para deportistas de élite (Neuhof 1990).

Para comprender la evolución de los modelos de planificación del entrenamiento hay que partir del carácter de aplicación de las cargas de entrenamiento para lograr la mejora del rendimiento. En función de cómo se apliquen las cargas, la dinámica resultante de la adaptación puede ser muy diferente, y en consecuencia, podrá incidir en mayores o menores ventajas sobre el rendimiento.

10.5.1. TIPOS DE CARGAS

Según sean los efectos de las formas de aplicación de las cargas de entrenamiento con una orientación definida sobre el rendimiento específico, se pueden distinguir tres tipos de cargas (figura 10.12):

1. **Cargas regulares.** Se aplican a lo largo de toda la temporada con mayor o menor énfasis en función de las características de las etapas o periodos de entrenamiento. Coinciden con la aplicación de otras cargas de diferente orientación. El rendimiento puede verse afectado por la interacción entre los distintos tipos de cargas. El rendimiento mejora gradualmente hasta un cierto punto donde la continuidad en la aplicación de las cargas puede afectar negativamente al rendimiento. Se suelen emplear en mayor medida en deportistas jóvenes y en deportes de resistencia de larga duración donde las capacidades determinantes de rendimiento son pocas y están estrechamente relacionadas.
2. **Cargas acentuadas.** Se aplican en espacios más cortos de tiempo, de forma más intensiva y con una secuencia metodológica concreta en la orientación de las cargas. El rendimiento competitivo se eleva tras las adaptaciones sucesivas que se logran en la aplicación de las cargas con distinta orientación. Es importante ajustar las duraciones de las fases de las cargas acentuadas según la orientación de entrenamiento. Una prolongación excesiva provocaría un agotamiento de las reservas de adaptación del deportista que impedirían el progreso posterior del rendimiento. Por el contrario, un tiempo de trabajo corto limitaría las posibilidades de adaptación del deportista para integrar posteriormente las adaptaciones sucesivas y necesarias para alcanzar el máximo rendimiento deportivo en una especialidad. Se aplican en todo tipo de disciplinas siempre que el deportista haya alcanzado un cierto nivel de experiencia en el entrenamiento.
3. **Cargas concentradas.** Se aplican en espacios más cortos, concentrando en mayor medida que en las cargas acentuadas, el volumen y la intensidad de trabajo sobre una orientación definida de carga. La secuencia metodológica es

muy importante en la aplicación de cargas con diversa orientación. Debido a la fuerte estimulación de las cargas concentradas sobre el organismo, se produce durante su aplicación un descenso de los índices funcionales del deportista, produciéndose de forma retardada el crecimiento de los mismos que deberán coincidir en su conjunto al final del macrociclo con un aumento significativo del rendimiento competitivo. Si bien se empezó aplicando especialmente en deportes de fuerza explosiva, actualmente se encuentran modelos para prácticamente todas las disciplinas si bien es manifiesto que su aplicación debe llevarse a cabo con deportistas de élite y con un alto grado de entrenamiento.

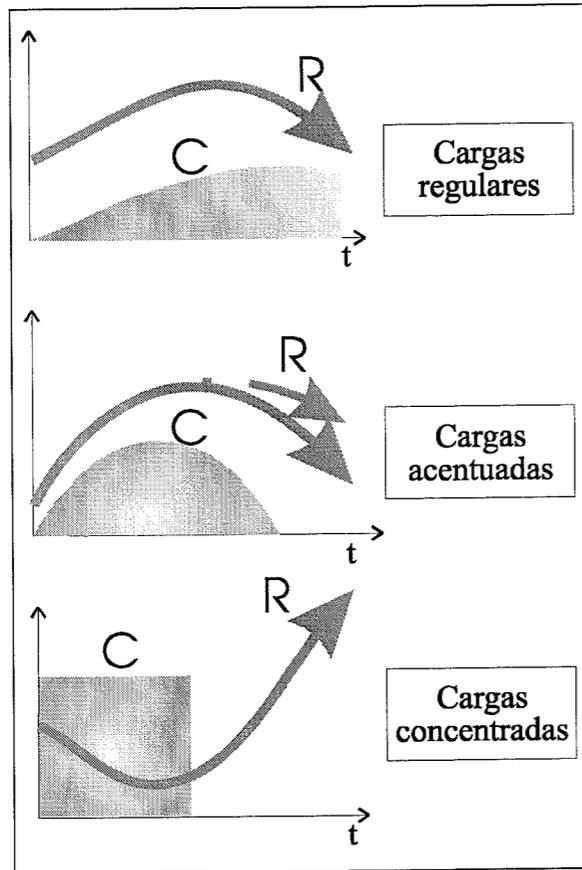


Figura 10.12. Efectos de las formas de aplicación de las cargas de entrenamiento con una orientación definida (C) sobre el rendimiento específico (R) (Navarro 1994)

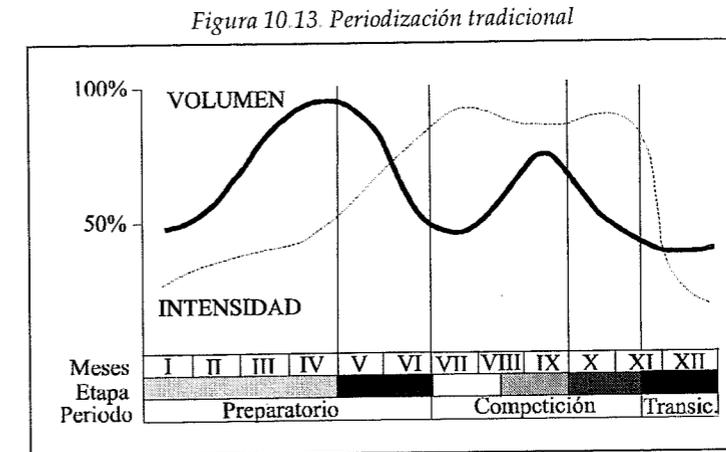
En función de estas formas de aplicación de cargas es posible distinguir numerosas variantes de modelos de planificación que se utilizan en deportistas de élite de disciplinas de RDC. Las más empleadas son :

- Periodización tradicional (cargas regulares)
- Acentuación sucesiva (cargas acentuadas)
- Macro ciclo integrado (cargas acentuadas)
- Sistema de bloques (cargas concentradas)
- Diseño ATR (cargas concentradas)

10.5.2. PERIODIZACIÓN TRADICIONAL

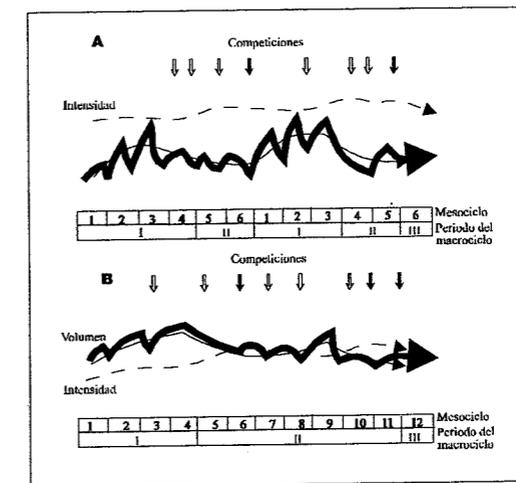
Esta basado en la periodización clásica de Matveyev (Matveyev 1965; Matveyev 1990; Matveyev 1991; Matveyev 1992; Matveyev y Giljatsova 1992). Se basa en una distribución regular de las cargas regulares con la orientación de las cargas según las características de los períodos y las etapas en que se divide el macrociclo. La priori-

dad en el incremento del volumen al comienzo del macrociclo (período preparatorio) y de la intensidad (período competitivo) se consideran fundamentales en este modelo (figura 10.13.)



En recientes publicaciones de Matveyev (Matveyev, 1990), se sugiere que la dinámica de variación de la carga de entrenamiento debe ser diferente según la disciplina deportiva. Por ejemplo, en deportes de **fuerza-velocidad**, la carga de volumen es más acentuada, más marcada, mientras que la dinámica de la intensidad de la carga específica fundamental tiende, en modo relativamente constante, al máximo (figura 10.14.A). En los deportes de **resistencia**, la carga de volumen es elevada y distribuida en el tiempo mientras que la intensidad es relativamente baja (figura 10.4.B)

Figura 10.14. Esquema de la dinámica de la carga en el macrociclo. (A) En las especialidades deportivas de Fuerza-Velocidad. (B) En las especialidades de resistencia (Matveyev 1990)



En la distribución de contenidos de entrenamientos necesarios para alcanzar el máximo rendimiento es obvio que aquellos que por su naturaleza tengan mayor carácter general o sean de menor intensidad se presenten con mayor afluencia en el período preparatorio (primera parte del ciclo de entrenamiento), mientras que aquellos que por sus características sean de naturaleza más específica o de mayor intensidad, se apliquen especialmente a finales del período preparatorio y en el período de competición. De este modo, el desarrollo de la resistencia deberá plantearse distribuyendo preferente los contenidos de entrenamientos de la resistencia básica de la especialidad deportiva durante el periodo preparatorio, y especialmente en la etapa general. La resistencia específica obtendrá su mayor atención a su entrenamiento en la etapa específica del período preparatorio, mientras que el desarrollo de la resistencia competitiva se llevará a cabo preferentemente durante el período competitivo (figura 10.15). Como es obvio, el mayor o menor énfasis que se ponga en el entrenamiento de los tres niveles de resistencia dependerá de lo que cada una de ellas afecte a la mejora del rendimiento competitivo específico. En este sentido, no parece lógico emplear el mismo volumen de entrenamiento de la resistencia básica para un deportista de resistencia de corta duración o de resistencia de larga duración. Es evidente que existe una mayor necesidad de disponer de una resistencia de base más elevada en las disciplinas de duración más prolongada que en las disciplinas de menor duración.

Figura 10.15. Periodización de la resistencia en una planificación del entrenamiento tradicional



La distribución de los contenidos de entrenamiento de la resistencia básica, específica y competitiva deben hacerse teniendo en cuenta el criterio por el que se sostiene este modelo de periodización, es decir, mediante cargas regulares. Así, para el desarrollo de cualquiera de los niveles de resistencia de una especialidad deportiva determinada se deben plantear los diversos objetivos fisiológicos que lo integren, con una secuencia óptima y la distribución adecuada que permita la mejor adaptación posible de cada nivel. En las figuras 10.16 y 10.17 se muestran dos modelos de periodización tradicional para deportes de resistencia de corta duración y de media duración en un ciclo de preparación de 27 semanas. Como se puede observar, si bien los contenidos de entrenamiento de cada nivel de resistencia pueden variar, así como su mayor o menor relevancia para su entrenamiento, se conserva el principio de distribución de la carga en períodos relativamente prolongados (cargas regulares).

Figura 10.16. Modelo de periodización de entrenamiento tradicional para deportes de resistencia de corta duración

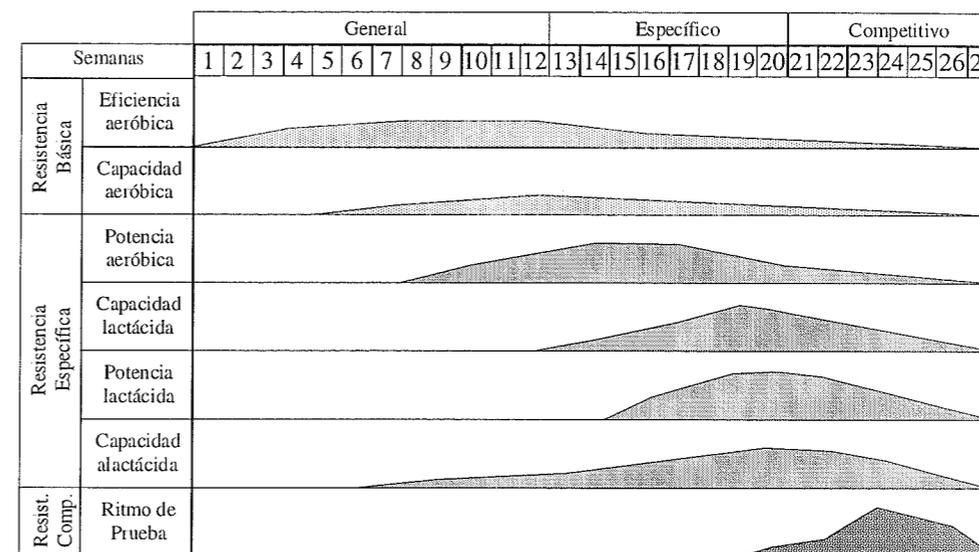
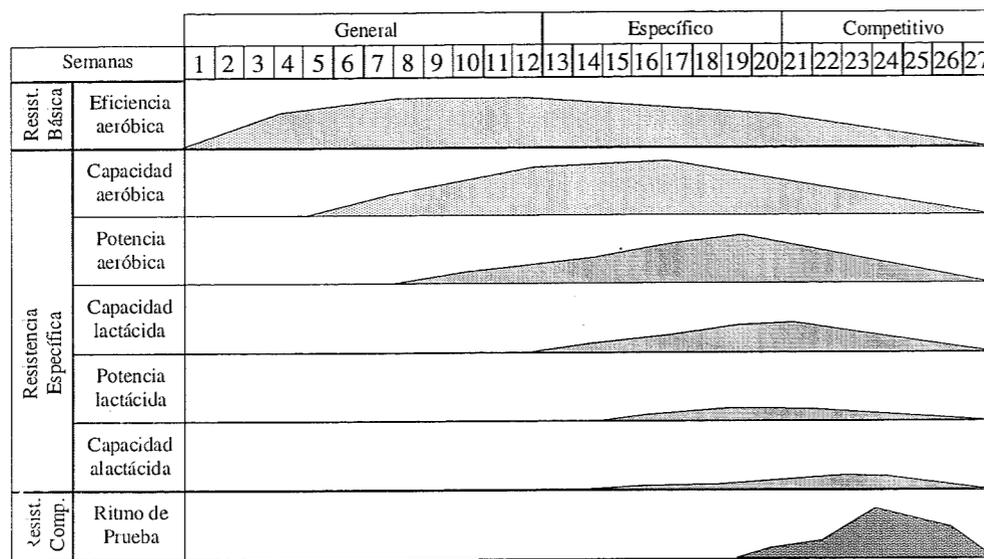


Figura 10.17. Modelo de periodización de entrenamiento tradicional para deportes de resistencia de media duración



10.5.3. ACENTUACIÓN SUCESIVA

Los factores que se enumeran en la tabla 10.1 son los elementos determinantes de este nuevo concepto de entrenamiento que se orienta para el rendimiento competitivo.

Tabla 10.1 Características de los modelos de planificación con cargas acentuadas

Enfasis	Criterios
1. Logro de una mejora significativa del nivel de los requisitos fundamentales del rendimiento y tolerancia a la carga por medio del aumento en las demandas de carga y la efectividad del entrenamiento para el desarrollo de la resistencia general, fuerza, y flexibilidad , principalmente a través de medios de entrenamientos generales y específicos.	Realización de cargas máximas en relación con medios de entrenamiento inespecíficos, acentuación sobre programas y medios efectivos de entrenamiento generales (pero orientados a la prueba) y semiespecíficos , claro énfasis en todo el año, estabilización durante todo el año .

Enfasis	Criterios
2. Logro de elevados crecimientos del nivel de la resistencia básica específica de la prueba, resistencia a la fuerza y variabilidad motora , en combinación con una técnica efectiva de la disciplina, alcanzada por medio del aumento de las demandas de cargas y la eficacia de la resistencia básica específica de la prueba/resistencia a la fuerza en estrecha conexión con el entrenamiento de velocidad específica de la prueba , utilizando particularmente medios de entrenamiento especiales y competiciones.	Esfuerzo durante todo el año, extensión de la cantidad y aumento el efecto de entrenamiento de la fuerza y de la resistencia básica orientada a la técnica . En estrecha conexión con esto, desarrollar los patrones individuales de longitud de ciclos de los movimientos en consonancia con el control individual del entrenamiento de resistencia básica/resistencia a la fuerza y las posibilidades técnicas y fisiológicas del ejercicio.
3. Aumento de la resistencia a la fuerza y a la capacidad de rendimiento físico orientado hacia la competición por medio de cargas mayores de resistencia a la fuerza / resistencia específica - competición en combinación con una efectiva organización de los patrones de la longitud de ciclos con el objetivo de desarrollar los prerequisites psicológicos, físicos y tácticos de competición.	Dominio de velocidades más altas que las desarrolladas en la prueba que produzcan un efecto de gran fatiga intermedia y final .
4. Aumento de la efectividad de la estructura anual y la organización de las sesiones de carga y regeneración en los mesociclos y microciclos utilizando una clara secuencia metodológica de énfasis en el entrenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • duración óptima de los ciclos. • incremento de carga y nivel de desarrollo. • estrecha relación entre fases de cargas máximas y fases de recuperación. • cambios de objetivos a través de una acentuación variada de contenidos y medios.

Los puntos metodológicos más importantes a tener en cuenta en la realización de estos cuatro puntos de atención son (Neuhof 1990):

- El aumento constante y durante todo el año de las demandas de fuerza en todas las áreas de entrenamiento con la siguiente secuencia: **entrenamiento general de fuerza → entrenamiento de resistencia a la fuerza aeróbico → entrenamiento de resistencia a la fuerza aeróbico-anaeróbico → entrenamiento de resistencia a la fuerza-velocidad**. En la figura 10.8 se muestra el ejemplo de una secuencia para un nadador de 100 metros libres.
- Un aumento sensible de la resistencia básica aeróbica-anaeróbica, en tanto que aumenta la resistencia general y la resistencia aeróbica-anaeróbica. La secuencia metodológica de los puntos de atención al entrenamiento deben ir estrictamente unidos (cargas de entrenamiento más elevadas en el área de la resistencia básica aeróbica-anaeróbica, unidad de entrenamiento orientado de fuerza y velocidad, cualidad más alta de entrenamiento básico aeróbico como prerequisite).
- Desarrollo de la velocidad específica de la prueba en todo el año como parte de todos los puntos de atención al entrenamiento. La secuencia metodológica es como sigue: **Bases generales de velocidad → entrenamiento de velocidad específica distancia → entrenamiento de resistencia a la velocidad para todas las disciplinas**.
- Utilización efectiva de medios de entrenamiento generales y semiespecíficos para el posterior aumento y estabilización de los prerequisites de rendimiento básicos, en particular a través de una organización orientada individualmente en el mesociclo 1 y 5. En todos los ciclos de entrenamiento, debe asegurarse el entrenamiento de la flexibilidad específica.

Figura 10.8. Secuencia metodológica del entrenamiento de la fuerza para un nadador de 100 metros libres (Navarro 1994)

	ENTREAMIENTO EN SECO				ENTRENAMIENTO EN AGUA		
	Peso corporal	Pesas, máquinas	Gomas, isocinéticos	Poleas, carros	Poleas	Aumento res. av. (4x25/20") Vel=Comp.	Aumento res. propul. (5x50 c/2') Vel>Comp.
FUERZA ESPECIFICA							
Fuerza competitiva							
Resistencia de fuerza específica			5 series (4x15"/15") Nºreps máx	5 x 1' / 3'		5 series (4x15"/15") Vel alta (atajo)	
RF intensa					20x25c/45" Vel alta	8x200/45" P180/LA6-8	5x(6x50/10") P180/LA6-8
RF media						5x400/1' P170/LA3-4	1x30' P170/LA3-4
RF ligera						1x2000 P150/LA2-3	1x30' P150/LA2-3
F explosiva	1x8 Saltos Prof.	5x7reps/3' Velmax/50%	6x12reps/2' Vel.max**	6x8reps/2' Vel.max**	4x(5x15) Vel.máx***		
FB intram		4x4/90% Triceps					
FUERZA BASICA							
FB hipetr.	8x16 Fondos	4x8/80% Triceps					

* Ejemplos para un nadador de 100 metros; ** Cargas medias; *** Cargas ligeras

10.5.3.1. Variantes básicas para el desarrollo del entrenamiento y el rendimiento

Existen dos variantes alternativas de desarrollo del entrenamiento y el rendimiento:

- Periodización múltiple
- Periodización simple

La *variante A* (Figura 10.19, A) es más utilizada por los especialistas de RDC y RMD, si bien también la emplean especialistas de RDL. La secuencia es la siguiente:

- desarrollo de prerequisites básicos del rendimiento.
- desarrollo de prerequisites especiales del rendimiento
- desarrollo del rendimiento competitivo en el más alto nivel

Esta secuencia es seguida por la preparación inmediata a la competición (PIC), que es una versión acortada de la construcción anual en el más alto nivel.

La *variante B* (figura 10.19, B) es más preferida por los especialistas de RDL, aunque puede ser utilizada por especialistas de RDC y RDM. Se caracteriza porque cada punto principal de atención al entrenamiento se realiza sólo una vez, tras el cual se lleva a cabo inmediatamente el PIC (preparación inmediata a la competición). Sin embargo, debería tenerse en cuenta si la participación en pruebas muy largas pudiera ser beneficioso (Neuhof, 1990).

10.5.3.2. Un caso de acentuación de las cargas en relación con los sistemas de energía

Posiblemente por la enorme simplificación que supone su aplicación, en la literatura sobre la Ciencia del Entrenamiento se encuentran algunos casos donde se emplean diseños de planificación con cargas acentuadas partiendo de diferentes niveles de entrenamiento de resistencia (figura 10.21).

Figura 10.21. Un resumen de la producción de energía, sobrecargas, niveles de intensidad en el entrenamiento de resistencia (la velocidad media de carrera es un ejemplo adaptable para un corredor de nivel internacional) (Hirvonen 1991)

FACTORES BÁSICOS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA Y LA FISIOLÓGIA DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA				ESTRUCTURAS BÁSICAS DE ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN EJERCICIOS DE CARRERA			
Producción de energía	Límites fisiológicos	Niveles de resistencia	Distancia	Efectos de entrenamiento	Métodos de entrenamiento/ velocidad de carrera (s/100m)	Concentración de lactato (mM/l)	
CP	10"	Fosfágeno	100 m	- recursos de velocidad	- ritmo de 100/200	10-11 s	6-12
	40"	Lactato máx	200 m	- energía anaer. láctica			
LAC	2'	RESISTENCIA VELOCIDAD	400 m	- capacidad anaeróbica	- ritmo de 400 m	11-12 s	> 18
			800 m	- tolerancia láctica	- ritmo de 800 m	12-14 s	15-18
	8'	POTENCIA MÁXIMA AEROBICA	1000 m	- energía anaer. láctica			
			1500 m		- ritmo de 1500 m	14-16 s	8-12
O ₂	60"	UAn	3000 m	- VO ₂ max		16-18 s	6-10
			5000 m	- resistencia acrob-anaerob	- ritmo de 3000/5000 m	17-19 s	4-8
GRASAS	Uac	Umbral Anaeróbico (Resistencia de ritmo)	maratón	- amortiguación de lactico			
			Umbral aeróbico (resistencia básica)	- umbral anaeróbico	- entrenamiento de ritmo	18-20 s	2-4
				- oxidación CH			
				- umbral aeróbico	- entrenamiento básico	20-24 s	1-2
				- oxidación grasas			

En la planificación de los ejercicios de carrera se toman como referencia los siguientes tres niveles de intensidad determinados según la distancia principal del atleta:

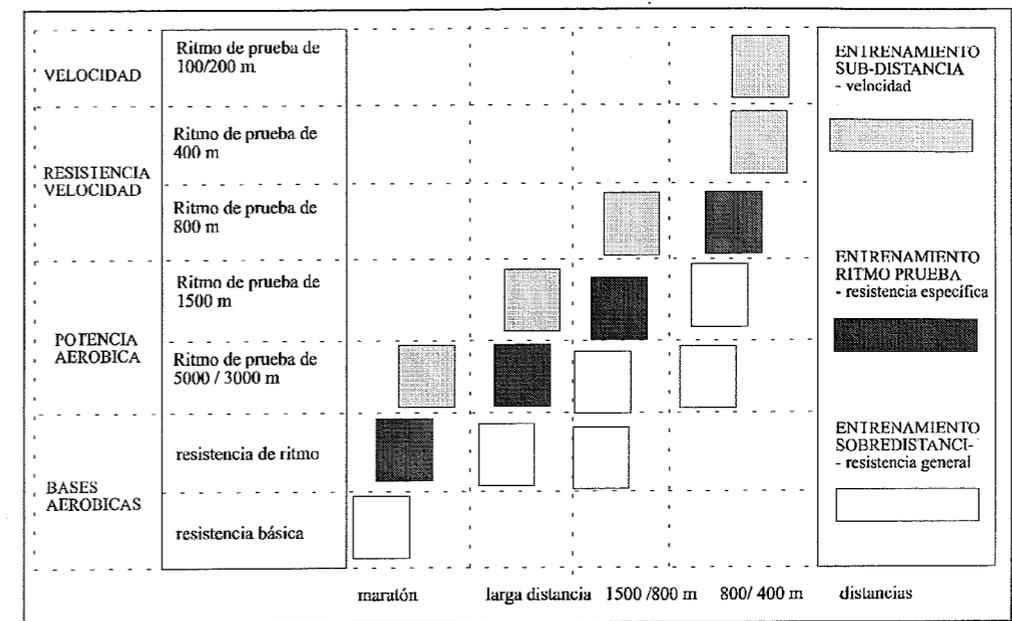
1. ENTRENAMIENTO DE SUB-DISTANCIA DE ENTRENAMIENTO
 - velocidad
 - ejercicio de carrera a un ritmo más alto que el ritmo de carrera
2. ENTRENAMIENTO DE RITMO DE PRUEBA
 - resistencia especial
 - ejercicio de carrera a ritmo de prueba

3. ENTRENAMIENTO SOBRE-DISTANCIA

- resistencia general
- ejercicio de carrera a un ritmo más lento que el de la prueba

El ritmo de carrera individual y la producción de energía son determinadas por la distancia principal del atleta en función de los principios mostrados en la figura 10.22.

Figura 10.22 Niveles de intensidad en el entrenamiento de resistencia de diferentes pruebas de carreras



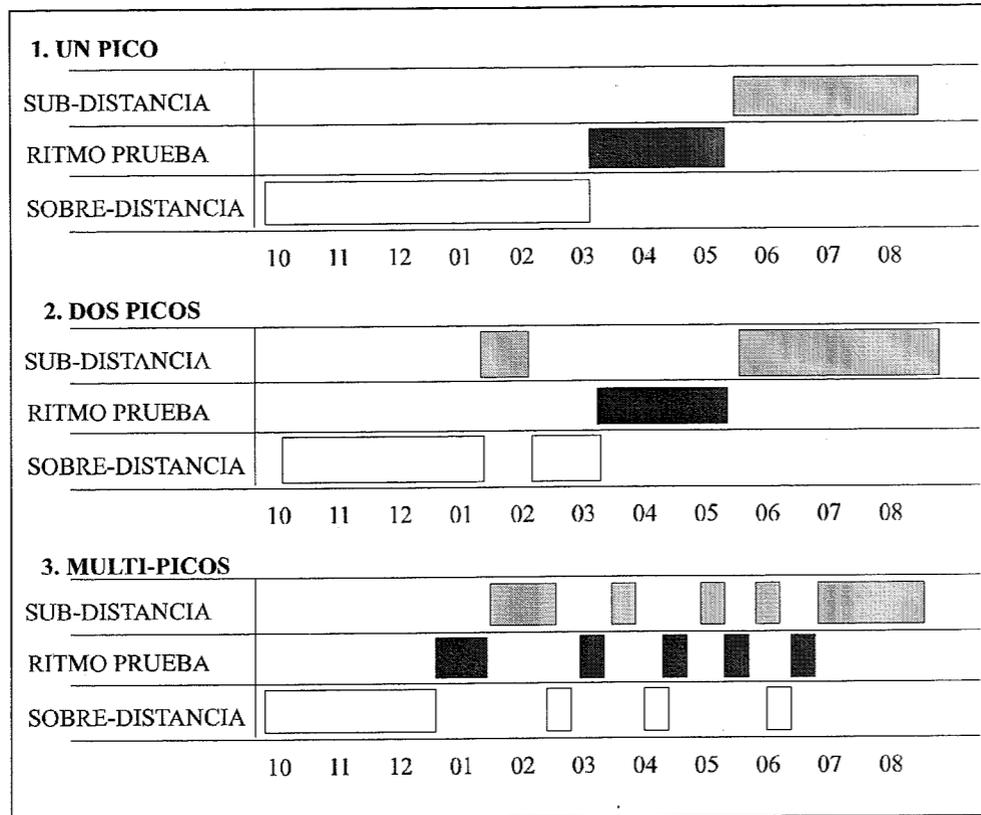
Las alternativas de planificación (Figura 10.23) dependerán de las condiciones de entrenamiento, objetivos competitivos y características personales del atleta.

1. UN PICO
 - período de entrenamiento tradicional, ciclos largos de entrenamiento.
 - capacidad de rendimiento de la prueba por debajo de su máximo durante todo el período de entrenamiento.
2. DOS PICOS
 - dos picos por año
 - debido a la sesión invernal, la capacidad de rendimiento de la prueba es relativamente alta durante los períodos de entrenamiento.

3. MULTI-NIVEL

- ciclos cortos de entrenamiento con niveles variados de intensidad en dos semanas de intervalo.
- todos los niveles de intensidad son utilizados durante un microciclo (2 semanas).
- la capacidad de rendimiento de la prueba se mantiene cerca de su máximo en toda la sesión de entrenamiento.

Figura 10.23 Ejemplos de planes de entrenamiento



10.5.4. MACROCICLO INTEGRADO

Agrupar los contenidos y medios de entrenamiento en corto espacio de tiempo con aplicación de éstos en forma de carga acentuada. Esta propuesta surge como interpretación particular (Navarro 1982; Navarro 1985; Navarro 1987; Navarro 1990; Navarro 1991; Navarro 1993; Navarro 1994), por un lado, de la nueva óptica de distribución de carga durante la temporada que propone Tschene (1984), basada en la experiencia de un elevado volumen de entrenamiento, acompañado por una elevada in-

tensidad durante el ciclo, y por otra, de la teoría de trabajo acentuado (Reiss 1991; Franz y Reiss 1992; Franz y Reiss 1992; Reiss 1992), respetando las dinámicas de carga en cuanto a su carácter general y especial como una unidad interdependiente (periodización tradicional).

Se pretende que el deportista tenga todos los contenidos de entrenamiento que se utilizan a lo largo de la temporada, concentrados en períodos más cortos pero suficientes para que se produzcan cambios fisiológicos adaptativos. La integración de estos contenidos en períodos entre 6 y 10 semanas ha hecho que se conozca esta estructuración como **macrociclo integrado**.

El macrociclo integrado lo componen distintas fases con una orientación funcional determinada (Tabla 10.2). Cada una de las fases comprenden de 1 a 5 microciclos, dependiendo de los tipos de orientación funcional que tenga la fase, la ubicación temporal del macrociclo integrado temporal con respecto a la competición principal del ciclo de preparación.

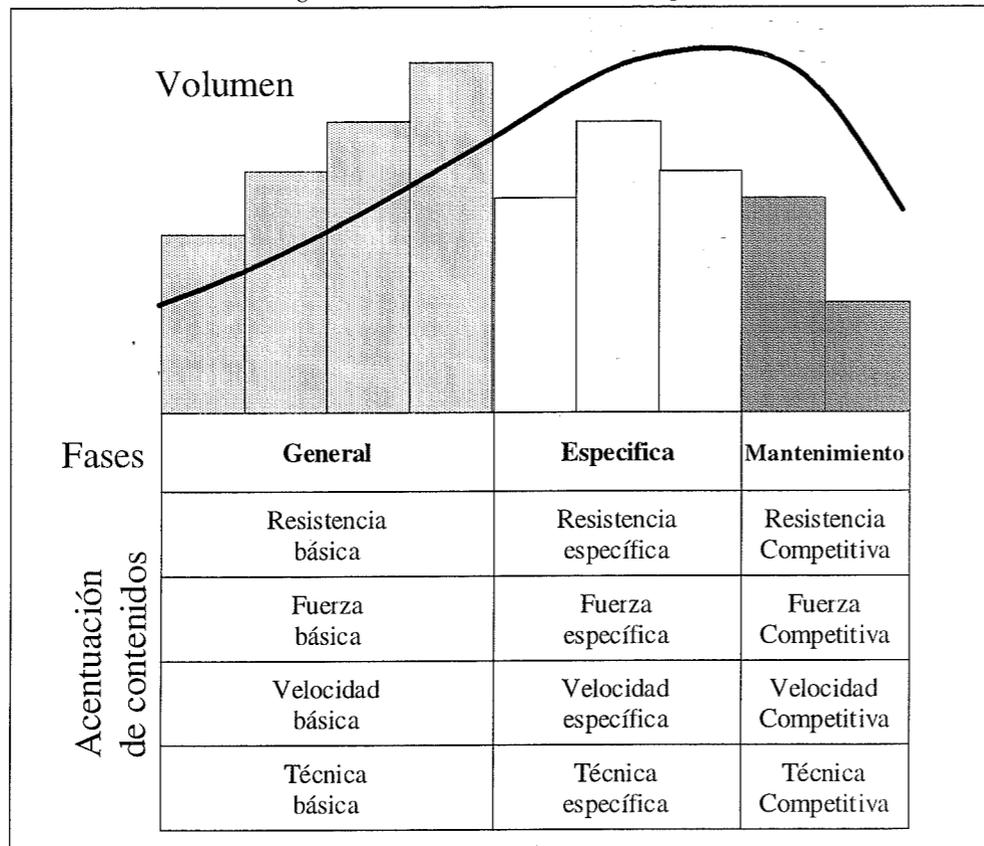
Tabla 10.2 Las unidades de planificación del entrenamiento por macrociclos integrados

UNIDADES DE PLANIFICACIÓN	CARACTERISTICAS	DURACION
CICLO	Conjunto de varios macrociclos integrados cuyo objetivo final es el resultado máximo en la competición principal.	20 - 30 semanas
MACROCICLO INTEGRADO	Conjunto de varias fases, con integración de volumen e intensidad específicas, carga general y específica, y medios y contenidos apropiados al desarrollo del rendimiento en la especialidad.	6 - 12 semanas
FASE MACROCICLICA	Conjunto de varios microciclos con una concentración de contenidos de entrenamiento determinados.	1 - 5 semanas
MICROCICLO	Conjunto de varios días de entrenamiento que reflejan la orientación funcional de entrenamiento de la fase macrocíclica donde estén situados	3 - 7 días

En la figura 10.24 se presenta lo que podría ser una estructura típica de un macrociclo integrado. En este caso, la estructura está compuesta por 9 semanas (9 microciclos) y la integran tres fases con una orientación acentuada de carga determinada.

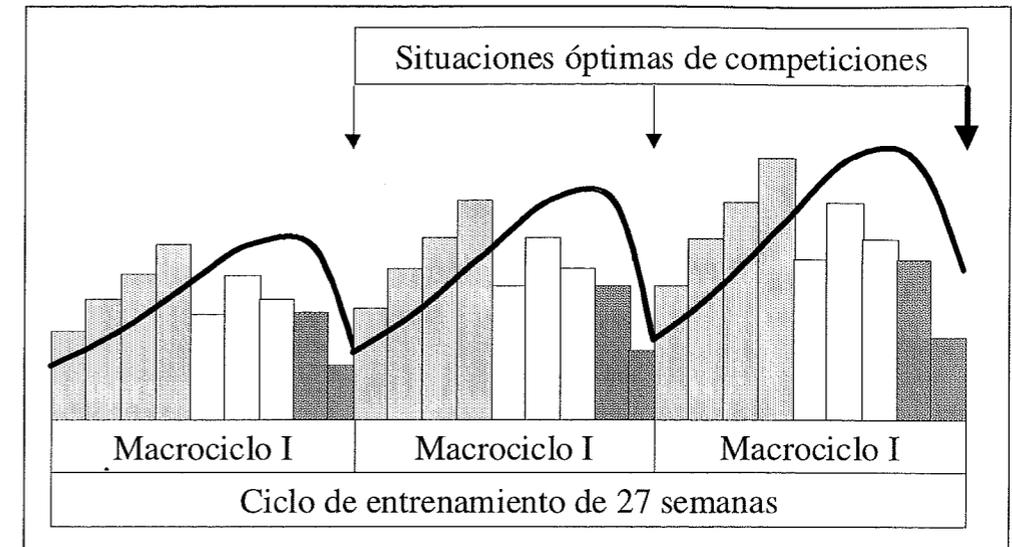
- En la **fase general** predomina la atención al volumen, acentuándose el entrenamiento en el desarrollo de las capacidades básicas de la especialidad.
- En la **fase específica**, el énfasis se pone en la intensidad del entrenamiento, dominando el desarrollo de las capacidades específicas de la especialidad.
- En la **fase de mantenimiento** disminuye el volumen y la intensidad del entrenamiento. El objetivo principal es producir la supercompensación del trabajo realizado en las semanas anteriores. Domina el trabajo específico de ritmo competitivo y de velocidad. El resto de los elementos de entrenamiento son tratados con fines exclusivamente de mantenimiento.

Figura 10.24 Modelo de macrociclo integrado



Esta estructura se utilizará repetidamente a lo largo de la temporada respetando la orientación de sus contenidos en las distintas fases y aumentando gradualmente las cargas totales en los sucesivos macrociclos integrados (figura 10.25).

Figura 10.25. Los macrociclos integrados en un ciclo de entrenamiento de 27 semanas



Como norma general deberíamos añadir para la planificación del entrenamiento en las disciplinas de resistencia lo siguiente:

- las ondas de volumen e intensidad que se producen entre los macrociclos integrados son más cortas que en disciplinas de mayor duración. Ello origina que en especialidades de resistencia de corta duración, el macrociclo integrado sea más corto y permita realizar un mayor número dentro del ciclo de preparación que en especialidades de duración más larga. En la figura 10.26 se puede observar la distribución de tres macrociclos integrados en un ciclo de 27 semanas de entrenamiento para un especialista de RDC, mientras que para un especialista de RDL I (figura 10.27), el número de macrociclos se reduce a dos en el mismo período de tiempo.
- la acentuación de los distintos contenidos de entrenamiento debe estar en relación con la relevancia de los mismos en función de las necesidades de rendimiento de las distintas disciplinas de resistencia. En la figura 10.26 se puede observar como en la distribución de contenidos de entrenamiento de resistencia para un especialista de resistencia de corta duración en un ciclo de prepara-

ción de 27 semanas, la fase general se acorta en los macrociclos integrados sucesivos hasta la competición principal. Asimismo, la acentuación del entrenamiento va siendo progresivamente más pronunciada en las capacidades específicas de la especialidad, especialmente en potencia aeróbica, potencia láctica y capacidad aláctica. Por el contrario, en una especialidad de mayor duración, como por ejemplo en una disciplina de resistencia de larga duración I, la acentuación es mayor en los contenidos fundamentalmente aeróbicos (Figura 10.27).

- la fase general puede ser más larga en el primer macrociclo integrado del ciclo de entrenamiento, la fase específica en la mitad del ciclo y la de mantenimiento en el último macrociclo antes de la competición principal.

Figura 10.26. Acentuación de los contenidos en las distintas fases de un macrociclo integrado en un ciclo de preparación de 27 semanas para un especialista de RDC

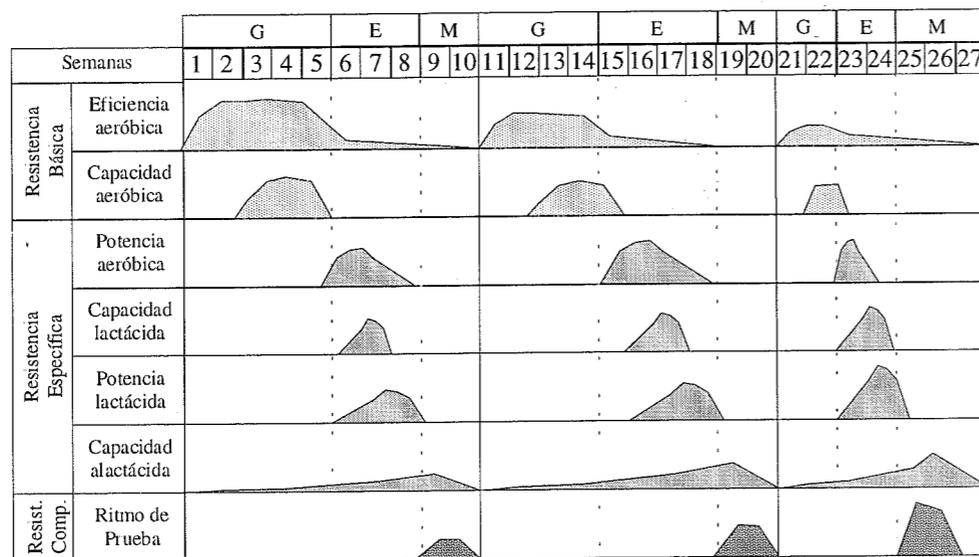
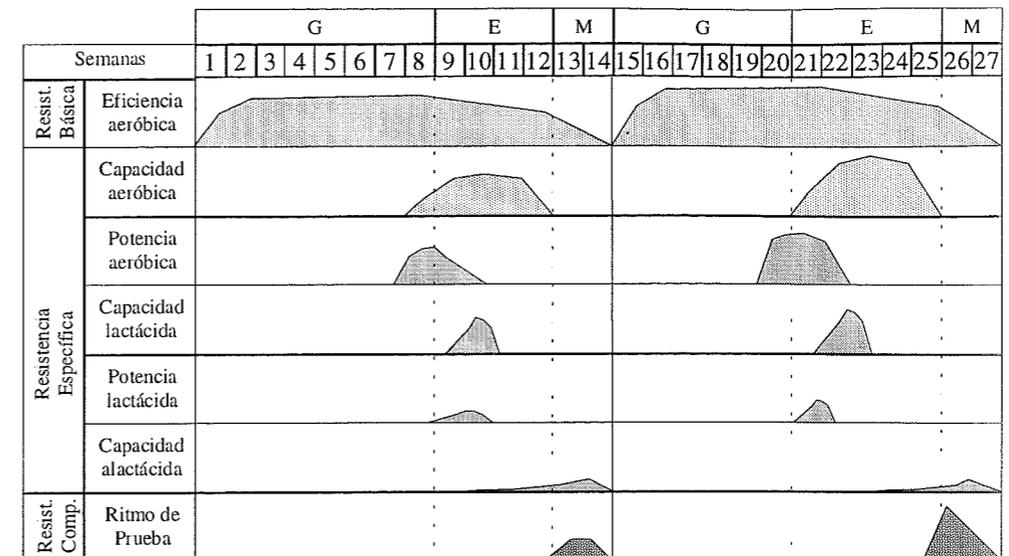


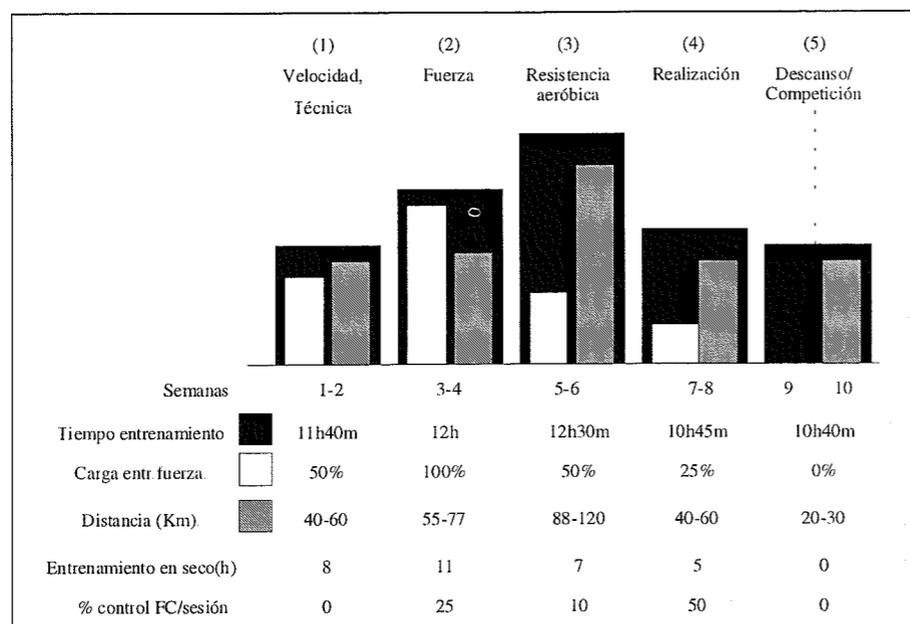
Figura 10.27. Acentuación de los contenidos en las distintas fases de un macrociclo integrado en un ciclo de preparación de 27 semanas para un especialista de RDL I



En la periodización del entrenamiento de la resistencia, y especialmente en los modelos con cargas acentuadas y concentradas, es necesario tener en consideración su combinación con los programas de entrenamiento de fuerza necesarios para la especialidad, ya que las demandas de ambos tipos de entrenamiento son sustancialmente diferentes. Por ejemplo, el entrenamiento con cargas elevadas estimula la hipertrofia de las fibras musculares, lo que reduce la densidad capilar y el volumen mitocondrial en los músculos involucrados en la actividad. Estos cambios van en detrimento de la resistencia. Por el contrario, el entrenamiento de la resistencia produce un incremento tanto de la densidad capilar como de la densidad del volumen mitocondrial y puede causar una disminución del tamaño de la fibra muscular. Cuando el entrenamiento de la fuerza y de la resistencia se hacen de forma concurrente, es difícil que el organismo se adapte simultáneamente a demandas que entran en conflicto. De este modo, la combinación del entrenamiento de la fuerza y la resistencia afecta a las ganancias de la fuerza en comparación con el entrenamiento de la fuerza realizado aisladamente. Lo mismo ocurre con respecto al entrenamiento de la resistencia. Cuanto más próximos estén en el tiempo ambos tipos de entrenamiento, mayores serán los impedimentos. Por ejemplo, el impedimento será mayor con los entrenamientos en el mismo día que en días alternos (Zatsiorsky 1995, p. 216). Otro factor que influye en la interferencia es la magnitud de la carga de entrenamiento. Cuanto mayor sea la carga, más incompatible será el entrenamiento de la fuerza con el entrenamiento de la resistencia. Por ello, es razonable estructurar secuencialmente los programas

de resistencia y de fuerza, centrándose primero en el entrenamiento de la fuerza y posteriormente en el de resistencia. El plan de entrenamiento del doble campeón olímpico en la prueba de natación de 1500 metros libres diseñado por su entrenador Igor Koshkin respeta el criterio mencionado (figura 10.28). En dicho plan, el mesociclo de entrenamiento de fuerza precede al de resistencia y la carga de mantenimiento de la fuerza posteriormente es de 2 a 3 veces menor que en el mesociclo de acentuación de la carga de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza. Así, el tiempo de entrenamiento en seco por semana fue de 11 horas durante el mesociclo orientado hacia la fuerza y de sólo 5 horas durante el mesociclo de realización.

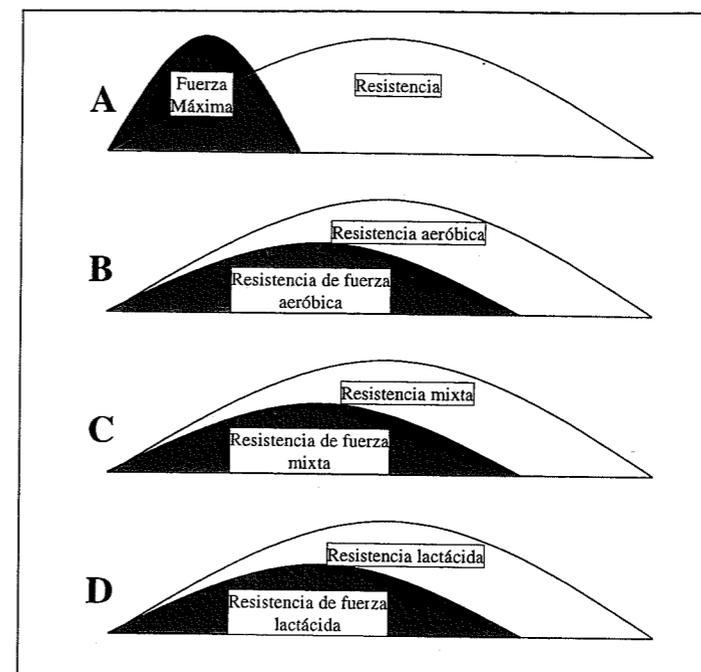
Figura 10.28. Plan de entrenamiento de V. Salnikov para los 1500 metros libres



En resumen, si se dan las circunstancias necesarias para desarrollar la fuerza máxima y la resistencia, lo más conveniente es entrenarlas secuencialmente (figura 10.29, A). Sólo sería aconsejable que el entrenamiento de resistencia y de fuerza fuese concurrente cuando este último estuviese centrado en el desarrollo de la resistencia de fuerza. Si este fuese el caso, por otro lado, muy común en los deportes de resistencia, se deberá enfatizar aquel trabajo de resistencia de fuerza que active el mismo tipo de unidades motoras y los mismos sistemas energéticos que los que se utilice de forma concurrente con el entrenamiento de la resistencia. Así, se podrá entrenar de forma concurrente:

- la resistencia aeróbica y la resistencia de fuerza aeróbica (figura 10.29, B),
- la resistencia mixta y la resistencia de fuerza mixta (figura 10.29, C),
- la resistencia láctica y la resistencia de fuerza láctica (figura 10.29, D)

Figura 10.29. Posibilidades de concurrencia en el entrenamiento de la fuerza y de la resistencia



10.5.5. EL SISTEMA DE BLOQUES

En los deportes cíclicos de resistencia el proceso de adaptación se desarrolla en cuatro direcciones principales estrechamente relacionadas entre sí (Verchoshanskij 1993):

- *desarrollo de la resistencia muscular local* (perfeccionamiento de la cualidad contráctil, oxidativa y elástica del músculo);
- *perfeccionamiento funcional de todos los sistemas fisiológicos del organismo*, que garantizan la actividad muscular y su mantenimiento;
- *aumento del potencial energético específico del deportista* (es decir, de la potencia y la capacidad de su mecanismo energético);
- *mejora de la capacidad del deportista para realizar su potencial motor en las condiciones de competición.*

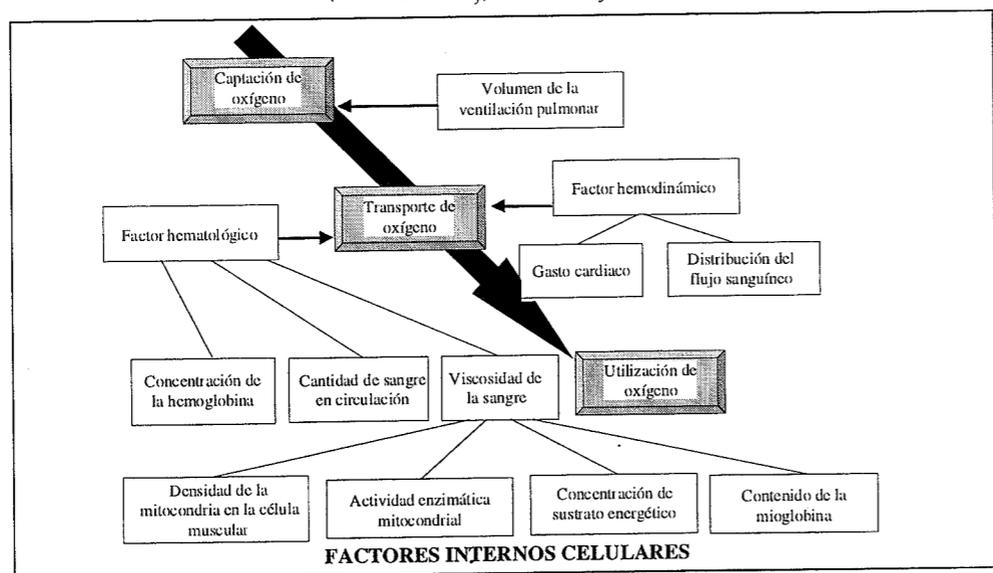
En un reciente artículo de Verjoshanskij (1993), dicho autor propone un nuevo sistema de entrenamiento de los deportes cíclicos de resistencia basándose en su conocida teoría del entrenamiento concentrado y consecutivo y en los últimos avances en la fisiología y bioquímica. En este sentido, Verjoshanskij considera demostrado que el mecanismo fisiológico de la resistencia se sitúa especialmente en el interior de la célula muscular. En consecuencia, el entrenamiento comporta ante todo la modifi-

cación primaria, específica, a nivel celular del músculo esquelético, que va seguida de la modificación secundaria, adaptativa, de la sangre, el sistema cardiocirculatorio y de otros sistemas.

El efecto de un trabajo en una velocidad determinada que requiera resistencia, se garantiza, no tanto por el aporte del oxígeno a la musculatura implicada como por la capacidad del músculo para utilizar de manera eficaz el oxígeno suministrado y de emplearlo en el proceso metabólico que libera la energía necesaria para el trabajo.

Por tanto, el efecto del incremento de un trabajo que requiera resistencia es el resultado de la capacidad de la célula muscular y de sus mitocondrias para extraer un mayor porcentaje de oxígeno de la sangre arterial. Así pues, la mitocondria del músculo esquelético, y más precisamente su membrana interna, representan la «última instancia» en la cascada del metabolismo oxidativo (familiarmente llamada «cascada de oxígeno») que determina la capacidad del organismo para utilizar el oxígeno durante una actividad muscular intensa (Figura 10.30).

Figura 10.30. Esquema de la cascada del oxígeno en el organismo (Verchoshanskij, 1993, modificado)

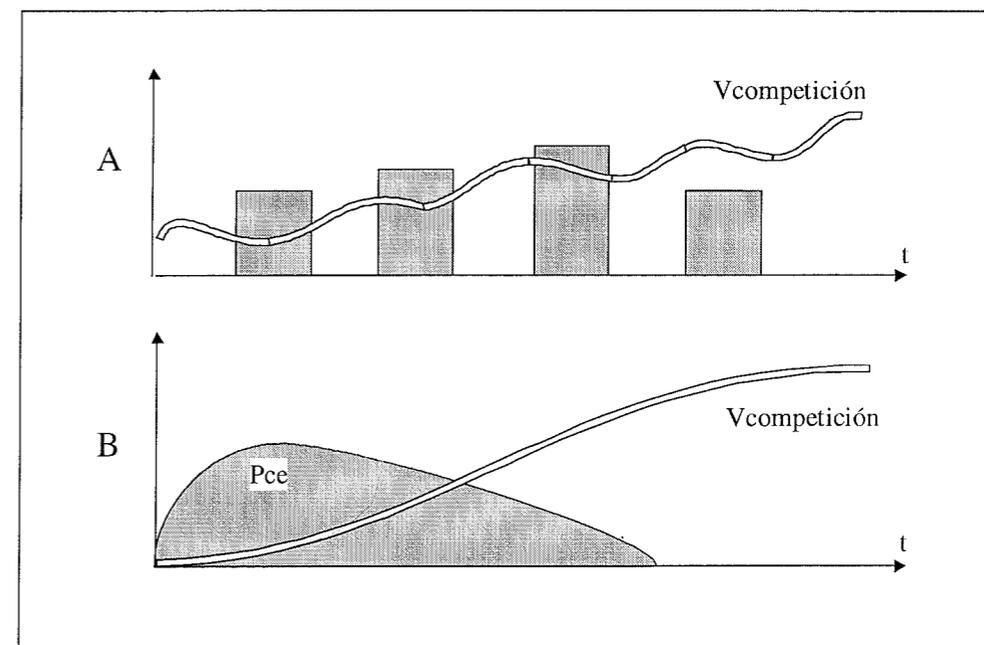


Sólo se puede alcanzar una elevada resistencia específica si la capacidad de utilización del oxígeno está bien desarrollada en todos los niveles de la cascada del oxígeno. El aumento de la intensidad (en mayor medida que la duración) y la especificidad del estímulo de entrenamiento son indispensables para garantizar la necesaria transformación adaptativa del sistema fisiológico (Verchoshanskij, 1993). En este sentido se debe dedicar especial atención al último nivel de la cascada de oxígeno que está asociado a la mejora de la respiración tisular. Esta función se debe desarrollar a través de la *preparación condicional específica (Pce)*.

Durante la fase preparatoria (con los medios de la Pce) se prepara la capacidad del organismo del deportista para trabajar a velocidad elevada y, no tanto, la velocidad de ejecución del ejercicio de competición. En este sentido se pueden ofrecer varias posibilidades (Figura 10.31). Una variante (figura 10.31, B) ofrece posibilidades de mayor incremento, puesto que se basa en el principio del aumento planificado en la distancia sobre la base de una mejora previa, extremadamente precisa, de la Pce del deportista, que crea el presupuesto funcional necesario hacia un trabajo de velocidad máxima (de competición). Por ello, el aumento del nivel de Pce debe preceder al aumento de la velocidad evitando así un exceso de sollicitación funcional en el organismo.

Sin embargo, en la otra variante (Figura 10.31, A) se trata de aumentar la velocidad en la distancia sobre la base de un aumento gradual del nivel de Pce del deportista. Su ventaja está en el hecho de que es más probable que el deportista alcance su forma en el momento justo. Sin embargo, el cambio sistemático de un tipo de trabajo a otro hace más difícil una modificación sustancial y a largo plazo de la Pce.

Figura 10.31. Variantes posibles del incremento de la velocidad sobre la distancia en el ciclo anual en relación a la organización de la preparación condicional específica (Verchoshanskij, 1993, modificado)



Por este motivo es oportuno utilizar tres niveles de velocidad de la distancia:

1^{er} nivel: *la velocidad límite* (de competición): el logro de este nivel se planifica solamente en el momento de las principales competiciones y representa el principal objetivo del entrenamiento;

2^o nivel: *la velocidad máxima*: es el nivel en que el deportista se encuentra en grado de alcanzar en un determinado período de la fase preparatoria y cuando su físico está en un buen nivel de acondicionamiento. No debe provocar una excesiva sollicitación de la función del organismo o causar alteraciones de la estructura del movimiento.

3^o nivel: *la velocidad óptima* (submáxima): Es el nivel sobre el cual se desarrolla la mayor parte del volumen del entrenamiento de ritmo.

La organización del entrenamiento debe prever un aumento planificado de la velocidad óptima para aproximarse (utilizando periódicamente la velocidad máxima, pero sin superar un cierto porcentaje del volumen general de la carga de entrenamiento) gradualmente a la velocidad límite.

Se debe tener en cuenta también que para el aumento de la velocidad de desplazamiento cíclico se debe utilizar como primer recurso la búsqueda del incremento de la *longitud de ciclo* (longitud de brazada, longitud de pedalada, longitud de zancada, etc.) a través de un entrenamiento especial de fuerza. Sólo después de este tipo de preparación se puede iniciar el empleo de métodos variados para aumentar el *ritmo de movimiento* (frecuencia).

Otro factor determinante para el desarrollo de los rendimientos de resistencia, según Verchoshanskij, es la **resistencia muscular local** (Rml), aconsejando el uso de **ejercicios especiales de fuerza**, recomendando los medios y métodos que se señalan en la tabla 10.3.

Tabla 10.3. Características de entrenamiento para la resistencia muscular local. Adaptado de Verchoshanskij (1993)

Métodos	Variantes	Ejemplos	Características
Repeticiones	Con sobrecarga preestablecida respecto al máximo	Utilizando una carga de 10 RM	Este tipo de trabajo estimula el desarrollo de la capacidad de impulso de fuerza de intensidad grande y de la fuerza explosiva del músculo, favorece el aumento de la red de capilares en el interior del músculo, aumenta el contenido de mioglobina, además de desarrollar la potencia anaeróbica-alactácida máxima y activa el proceso de recuperación muscular después de un trabajo breve e intenso
	Con oposición (sobrecarga) progresivamente creciente	10 RM + 5 RM + 3 RM (ó 80, 90 y 95% del máximo respectivamente)	
	Hasta el agotamiento, es decir hasta la interrupción del ejercicio	Utilizando una carga media (40% del máximo) 1 ^a ser(10')+2 ^a ser(15') +3 ^a ser(20')+ 4 ^a ó 6 series de 2x5'(1')	
Interválico	Con 8-10 seg. de trabajo a la máxima intensidad (de competición). Se utilizan tres tipos de intervalo, primero de 60, después de 30 y de 10 seg.; cada serie prevee la repetición de 5-6 veces este tipo de trabajo	2-3 series de(6x 8 seg. de trabajo, 60 s de recuperación) y se incrementa progresivamente hasta 8-12 repeticiones y 8-12 minutos entre la serie	Desarrolla la potencia y la capacidad de la fuente anaeróbica alactácida durante una actividad muscular intensa, estimula el desarrollo de la función aeróbica potenciándose el proceso de recuperación durante y después de un trabajo intenso.
	Con 20-30 seg. de trabajo a intensidad moderada, con intervalos de recuperación es al principio de 60 seg. y después de 30 seg. 6-10 repeticiones por serie	2-3 series de (6x20 seg. de trabajo, 60 s de recuperación). 8-12 minutos entre serie	Activa la glucólisis y a la vez reduce la discrepancia entre la capacidad glucolítica y oxidativa del músculo y ayuda a restablecer más eficazmente la utilización de la fuente anaeróbica y alactácida de producción de energía

Así pues, el sistema muscular debe ser sujeto principal de atención en el entrenamiento de la resistencia con la idea central de que la meta principal para el desarrollo de la resistencia debe ser «la mejora de la capacidad oxidativa del músculo esquelético, como base para un aumento eficaz de la capacidad aeróbica del organismo. En resumen, se puede decir que el entrenamiento debe tener una dirección antiglucolítica, es decir, debe buscar una vía de especialización morfofuncional del organismo, con el fin de reducir al mínimo la utilización glucolítica» (Verchoshanskij, 1993).

En un trabajo de intensidad media y submáxima, el sustrato oxidativo son tanto los carbohidratos como las grasas. El metabolismo lipídico es ventajoso pero su movilización y su restitución es más difícil con un aumento de la glucosa y del lactato sanguíneo. Por eso, al desarrollar la resistencia «a través de la velocidad», o si se exige a un organismo que no está preparado para un trabajo de intensidad elevada, se estaría utilizando principalmente los carbohidratos para la producción de energía. Pero la degradación en condiciones anaeróbicas (glucolisis) lleva siempre a la formación de lactato. La utilización de la glucolisis limita la movilización y el desarrollo, del metabolismo lipídico, es decir, que a la larga será más difícil llegar a una capacidad de prestación más elevada del organismo. Por eso, en el trabajo específico sobre la distancia es mucho más racional un aumento gradual de la velocidad en el umbral anaeróbico del ejercicio cíclico de resistencia, en el cual la glucolisis no se activa y se desarrolla también el metabolismo lipídico. Posteriormente, la propiedad contráctil y elástica del músculo se mejoraría a través de la Pec. Esta vía reduce la relación recíproca entre el metabolismo lipídico y glucídico, aumenta el VO_2 max y el porcentaje del metabolismo lipídico. A su vez, disminuye la acidosis metabólica en los casos en que, en condiciones de competición, el trabajo supere el umbral anaeróbico, activando la glucolisis (por ejemplo, en cambios de ritmo por razones tácticas, o en finales de prueba).

Por estas razones, Verchoshanskij (1993) formula tres prácticos principios metodológicos para un ciclo anual de deportes de resistencia:

1. Ejecución del volumen principal de la carga específica sobre la distancia a nivel de umbral anaeróbico con una gradual intensificación durante el período de preparación;
2. Un aumento especializado de la propiedad contráctil, oxidativa y elástica a través del entrenamiento específico de fuerza.
3. Una mejora coordinada y equilibrada de la función del aparato muscular y del sistema vegetativo.

Estos tres principios están estrechamente relacionados y determinan la línea estratégica de la organización del entrenamiento. De este modo se prevee un aumento gradual de la velocidad del ejercicio de competición en el período preparatorio, junto a una mejora planificada de la funcionalidad del sistema cardiocirculatorio, respira-

torio y hormonal y del aparato muscular. Esta mejora muscular especial precede la carga intensiva sobre la distancia.

De esta manera, la característica fundamental de una concepción del entrenamiento para especialidades cíclicas de resistencia se basaría en la mejora de la resistencia muscular local a través de un entrenamiento especializado de fuerza que sería precedido por un profundo trabajo dirigido al aumento de la velocidad sobre la distancia para crear la base morfológico-funcional objetivamente necesaria.

Un último e importante principio general metodológico está en el centro de esta nueva concepción del entrenamiento para deportes de resistencia: el incremento progresivo de la capacidad específica de prestación del atleta no viene concebido como «síntesis» de la denominada capacidad condicional, por ejemplo, fuerza, fuerza-velocidad, velocidad y resistencia, sino como resultado de una *especialización morfológico funcional del organismo del atleta*.

Toda la base de la organización del entrenamiento viene impuesta por dos principios: *el principio de la superposición y el principio de la dirección antiglucolítica de la adaptación*.

EL PRINCIPIO DE LA SUPERPOSICION. Supone la aplicación sucesiva de estímulos de entrenamiento, cada vez más intensos y específicos, sobre la base de las adaptaciones a las cargas precedentes aplicadas sobre el organismo. La carga siguiente dispone para una mejora posterior de la adaptación precedente del organismo y, también, un nivel funcional más elevado. Es importante notar que no se trata de una delimitación cronológica de las cargas, en el sentido de que cuando se concluye con un tipo de carga se comienza con otra, sino que se trata de «enganchar» una carga con otra, es decir, de una utilización preponderante de una u otra carga en la etapa de entrenamiento donde sea objetivamente necesaria según la lógica de la adaptación.

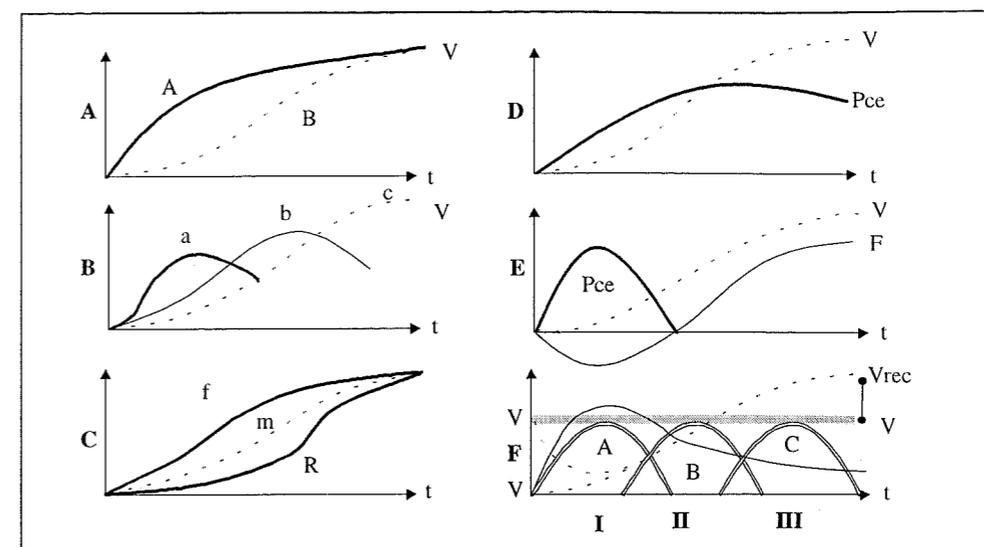
EL PRINCIPIO DE LA DIRECCION ANTIGLUCOLITICA DE LA ADAPTACION. Comprende la finalización de la orientación del proceso de adaptación del organismo de un atleta hacia una actividad rápida que requiera resistencia y permita reducir al mínimo la producción de la energía por la glucolisis. Con este fin, al inicio es necesaria una preparación de base del organismo al régimen rápido de trabajo: en un primer momento la carga debe estar dirigida al aumento del volumen cardíaco y a la formación de las reacciones vasculares periféricas, a la mejora de la propiedad contráctil del músculo y de la capacidad oxidativa de la fibra muscular de tipo I. Solo después, se pasará al trabajo inmediato sobre la velocidad y al incremento de la velocidad media de trabajo del organismo sobre la distancia de la prueba, con cargas para el aumento de la funcionalidad del miocardio y del sistema «tampón» del organismo y de la mejora de la capacidad oxidativa de las fibras musculares del tipo II.

Ambos principios determinan la estrategia del entrenamiento: pasar del desarrollo de la resistencia muscular local, a través de la mejora de la capacidad del organismo desde un trabajo prolongado a velocidad óptima, hasta la velocidad récord sobre la distancia de competición.

Apliquemos ahora esta lógica a la reflexión sobre el desarrollo de un modelo de entrenamiento en un macrociclo en el deporte de resistencia:

1. La meta principal del entrenamiento en el macrociclo es el incremento de la velocidad sobre la distancia en el ejercicio de competición (velocidad de prueba) (Figura 10.32, A). En concreto, tras las dos variantes alternativas A y B, se debe seleccionar la que obtenga mayores probabilidades de éxito. Para ello se debe tener en cuenta:
2. Es conocido que la intensificación precoz y excesiva del régimen de trabajo del organismo produce un rápido incremento de su capacidad funcional (figura 10.32, B, curva a). Sin embargo, su tasa de incremento es escasa y de breve duración. Si se continúa este entrenamiento forzado con el deseo de incremento posterior del nivel funcional, el organismo se verá sometido a un exceso de sollicitación y expuesto a sobreentrenamiento. A su vez, un aumento gradual de la intensidad de carga (o sea, de la velocidad) en una etapa más larga conllevará a un crecimiento mayor y más estable de la posibilidad funcional (figura 10.32, curva b y c).
3. En una construcción racional del entrenamiento, la intensificación gradual de carga (velocidad) debe comprender una determinada sucesión en la dirección principal de carga, es decir (figura 10.32, C):
 - en el inicio y en modo oportuno, la función f viene intensificada en el límite óptimo, sin provocar un exceso de sollicitación del organismo en el estado actual. Para ello debe aplicarse el método de entrenamiento *extensivo*, con el fin de favorecer la necesaria transformación o reestructuración morfológica del organismo (m). Esto también es necesario para la estabilización del nivel funcional logrado. A esto sigue una carga dirigida a perfeccionar la capacidad del deportista para poder realizar su nuevo nivel funcional del ejercicio de competición (R). Aquí se intenta también un nuevo paso en la intensificación gradual del régimen de trabajo del organismo. Una sucesión similar se repite cíclicamente en el macrociclo, por lo que se obtiene una elevación planificada y por niveles de la posibilidad funcional del organismo (es decir, de la velocidad sobre la distancia).

Figura 10.32. Esquema lógico de reflexión para el desarrollo del sistema de entrenamiento para un macrociclo de entrenamiento. I: Etapa de base; II: Etapa precompetitiva o preparación inmediata a la competición; III: Etapa de competición (Verchoshanskij, 1993)



4. Si volvemos a la figura 10.32, A, después de lo dicho, está claro que para el incremento de la velocidad sobre la distancia en un macrociclo la más favorable es la variante B.
5. Sin embargo, en la variante B no se tiene en cuenta la condición de la cual se ha hablado en el punto 3, es decir, falta la intensificación óptima de la función motora. Además, existe el peligro de que un trabajo relativamente prolongado a media intensidad al principio del macrociclo no ofrezca la posibilidad de paso a un nivel más elevado de la velocidad al final del macrociclo.
6. Si se quiere evitar este riesgo se debe utilizar el esquema organizativo de la figura 10.32, D: En el inicio del macrociclo, la carga específica sobre la distancia se desarrolla a nivel de umbral anaeróbico, y la velocidad aumenta con el aumento del umbral; pero, ante todo, para llevar a cabo el papel prominente del aparato muscular en el desarrollo y en la expresión de la resistencia, en segundo lugar, para obtener una mejora coordinada y equilibrada del sistema vegetativo y del aparato muscular, procede también intensificar el régimen de trabajo muscular a través de un entrenamiento especializado de fuerza dirigido al desarrollo de una mayor resistencia muscular local.

A fin de que la carga de velocidad (sobre el ritmo) provoque un cambio progresivo en el organismo, debe mantener un nivel óptimo, pero no tan elevado que provoque una reacción asténica por parte del organismo y una alteración de la estructura racional del movimiento. Esta es la razón por la que se puede comen-

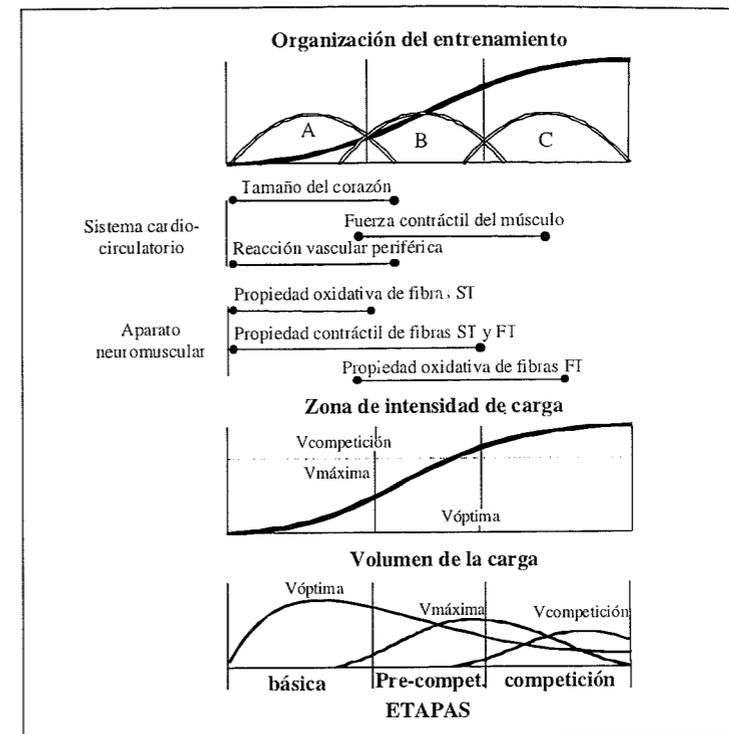
zar con una carga intensiva a velocidad de competición sólo cuando el aparato locomotor, el sistema central del control del movimiento, la coordinación y los mecanismos energéticos estén suficientemente preparados para ello, a través de la Pec.

7. La concepción metodológica que se propone se realiza de modo más eficaz desde una organización semejante del entrenamiento (Figura 10.32, D). En la figura 10.32, E se propone un esquema positivo.
8. El modelo de un macrociclo, en su forma definitiva, se muestra en la figura 10.32, F. La idea estratégica de este modelo está en la concentración del ejercicio especializado de fuerza para el desarrollo de la resistencia muscular local en la etapa de base (Bloque A). Durante este período, la carga sobre la distancia se desarrolla principalmente con la velocidad en umbral anaeróbico. Si el umbral anaeróbico aumenta, aumenta también la velocidad. La máxima posibilidad de velocidad (V_{max}) aumenta ligeramente respecto al nivel del año precedente. En el macrociclo precedente a la competición, la velocidad sobre la distancia se desarrolla por medio del aumento creciente del volumen global sobre la distancia (P). En el bloque B se utilizan principalmente los métodos que «modelan» el régimen específico de trabajo del organismo en las condiciones de competición (curva de la velocidad de carrera, carácter táctico, final de carrera, etc.). Sigue después (en el bloque C) la carga de competición, que se enfoca a un posterior aumento de la velocidad sobre la distancia hasta la record (V_{rec}).

El modelo está construido según el principio de la superposición que prevee la gradual sustitución de una carga con otra (según A, B, C), pero sin significar una delimitación total entre ellas. A esta organización estructural de carga se le ha dado el nombre de **estructura de bloques o sistemas de bloques de entrenamiento**.

Las curvas A, B, C, simbolizan las diversas direcciones de carga de entrenamiento, **pero no su volumen**. El modelo tiene en cuenta la diversa inercia adaptativa de cada sistema orgánico y de la heterocronía de la mejora morfológica que se deriva (Figura 10.33) y prevé la utilización de tres zonas de intensidad de carga de entrenamiento.

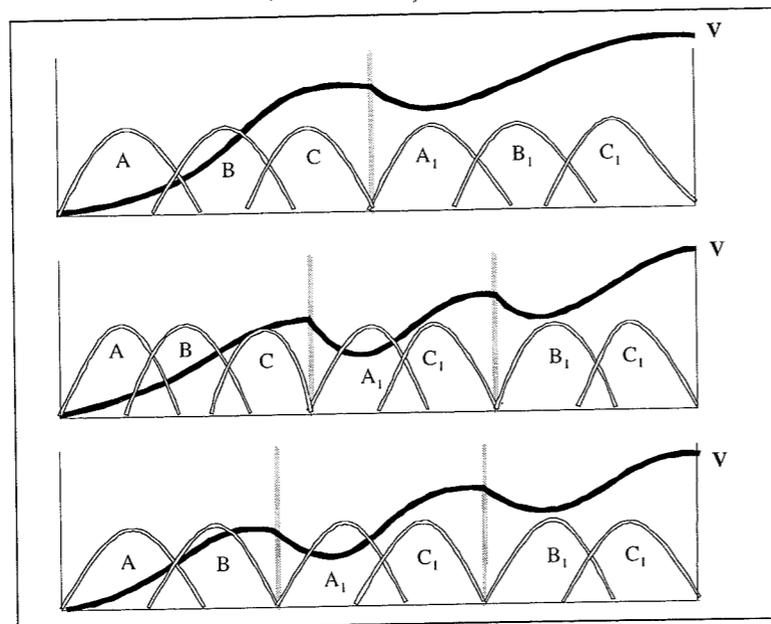
Figura 10.33 - Modelo general de la organización de la carga en el ciclo de entrenamiento (Verchoshanskij, 1993)



Para Verchoshanskij (1993), la duración óptima de un macrociclo (figura 10.34) es de 20-24 semanas. Por ello, en el ciclo anual se pueden prever al menos dos macrociclos (figura 10.34).

Según la especificidad del deporte y del calendario de competiciones, el ciclo anual puede prevenir hasta tres macrociclos. En este caso, la duración de cada macrociclo disminuirá.

Figura 10 34. Esquema de posible organización del entrenamiento en el ciclo anual (Verchoshanskiy, 1993)



10.5.5.1. Un ejemplo de corredores mediofondistas (800 metros)

Un plan de entrenamiento anual para mediofondistas rusos se presenta en la figura 10.35 (Nurmekivi y Lemberg 1993).

En este esquema se presenta la siguiente secuencia:

A- Carrera continua en niveles de umbral aeróbico y anaeróbico que alcanzan su máximo en Enero. Estas carreras tienen un carácter de desarrollo fundamental hasta que sus máximos sean logrados (velocidad de umbral anaeróbico mejorada, capilarización y capacidad de contracción y volumen latido del corazón). Posteriormente, este tipo de entrenamiento se aplicará para mantener su nivel.

B- Medios de preparación específica que van dirigidos hacia el desarrollo de resistencia muscular local. La principal tarea de estos medios es coordinar el desarrollo de las cualidades oxidativas y contráctiles de los músculos. Las cargas son divididas en cuatro bloques:

B₁ - Desarrollo de la **resistencia a la fuerza** utilizando diferentes ejercicios extensivos de segundos de triple (carrera saltada) sobre distancias de 50 a 150 metros.

B₂ - **Bloque de fuerza específico** para alcanzar el nivel necesario de fuerza máxima, para desarrollar el mecanismo de fosfato de creatina y para mejorar la

potencia explosiva. El desarrollo de la fuerza tiene lugar por la utilización de entrenamiento con pesos y entrenamiento en circuito.

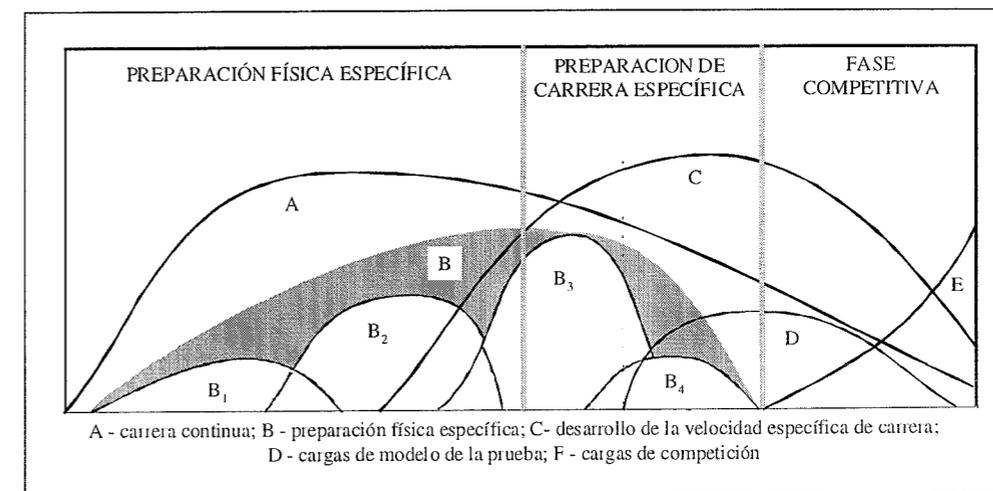
B₃ - Desarrollo de **resistencia al salto** con énfasis en carrera en cuestas y ejercicios de segundos de triple. El nivel de fuerza general se mantiene por la ejecución de entrenamiento de potencia con pesos (cargas del 30 al 40% del máximo).

B₄ - Desarrollo de las **capacidades reactivas y elásticas** de los músculos, combinado con el desarrollo de la velocidad máxima. Los medios principales de entrenamiento son los saltos en profundidad, saltos de velocidad y carrera en cuestas.

Los medios de entrenamiento específicos en el bloque B, asociados con los medios de entrenamiento empleados en el bloque A, preparan los sistemas vegetativo y muscular para un régimen de velocidad específica gracias principalmente a la utilización del fosfato de creatina y el metabolismo lipídico, sin una explotación particular de la glucólisis.

La óptima alteración de los sistemas de energía dominantes tienen lugar cada tres a cuatro semanas. Los atletas con una alta cualificación pueden emplear hasta seis semanas.

Figura 10 35. Esquema de planificación anual en corredores de mediofondo (Nurmekivi y Lemberg, 1993, modificado)



C - Desarrollo de la **velocidad específica de carrera** con la ayuda de carrera interválica extensiva y aumento gradual de velocidad. El principal objetivo de estos entrenamientos es mejorar la capacidad del miocardio y el volumen minuto del corazón, la formación de reacciones diferenciadas a los vasos sanguíneos y una mejora de la técnica de carrera. Lo último se basa en el aumento de la fuerza muscular y la velocidad de carrera más rápida en comparación a las fases anteriores de entrenamiento.

D - **Cargas de entrenamiento similares al modelo de competición**. Estas incluyen carreras interválicas intensivas y de repeticiones, controles de tiempos, etc.

E - **Cargas de competiciones**.

En el estudio mencionado se consiguieron mejoras significativas del rendimiento ($p < 0.05$). En resumen, puede establecerse que teniendo en cuenta los principios de adaptación del organismo, la movilización de los diferentes sistemas funcionales, la especificidad y la influencia de distintos medios de entrenamiento es posible llevar al organismo del atleta a un nuevo y más elevado nivel funcional en un plazo determinado (Nurmekivi y Lemberg, 1993).

10.5.6. EL MACROCICLO ATR

Su esencia radica en la periodicidad y la permutación de la orientación preferencial del entrenamiento. Esta permutación se logra alternando con tres tipos de mesociclos: de *acumulación*, de *transformación* y de *realización* (tabla 10.4 y figura 10.36).

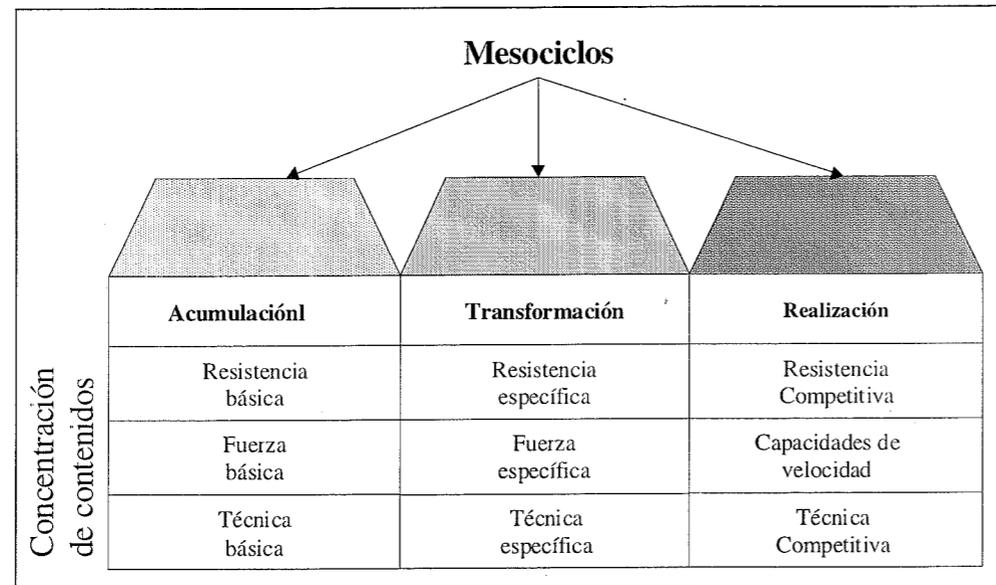


Tabla 10.4. Clasificación de los mesociclos

Tipos	Objetivos y tareas principales	Contenidos
Acumulación	<u>Elevación del potencial técnico y motor</u> <ul style="list-style-type: none"> acumular las capacidades técnicas y motoras que deben ser básicas para la preparación específica; ampliar el repertorio de elementos técnicos. 	Entrenamiento con volúmenes relativamente altos e intensidades moderada para capacidades de fuerza, resistencia aeróbica; formación técnica básica, corrección de errores.
Transformación	<u>Transformación del potencial de las capacidades motoras y técnicas en la preparación específica</u> <ul style="list-style-type: none"> transferir las capacidades motoras más generalizadas hacia formas específicas según las demandas técnicas y tácticas; enfatar la tolerancia a la fatiga y la estabilidad de la técnica. 	Entrenamiento con volumen óptimo e intensidad aumentada; ejercicios concentrados de fuerza dentro de la estructura de la técnica básica; el entrenamiento en un estado bastante descansado.
Realización	<u>Logro de los mejores resultados dentro del margen disponible de preparación</u> <ul style="list-style-type: none"> utilizar de forma tan completa como sea posible las capacidades motoras y técnicas dentro de la actividad competitiva específica. obtener la disposición para la próxima competición 	Modelamiento de la actividad competitiva, ejercicios competitivos, empleo óptimo de ejercicios con intensidad máxima; entrenamiento en estado bien descansado, competiciones

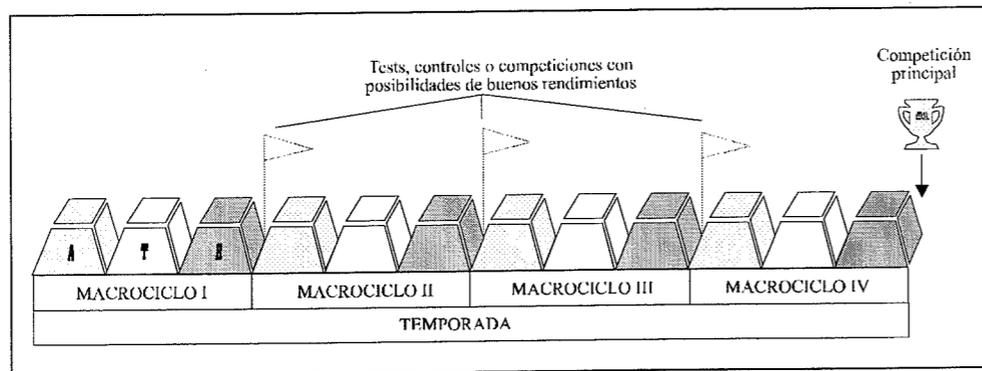
La idea general del sistema ATR se basa en dos puntos fundamentales del diseño de entrenamiento:

- La concentración de cargas de entrenamiento sobre capacidades específicas u objetivos concretos de entrenamiento (*capacidades/objetivos*)
- El desarrollo consecutivo de ciertas capacidades/objetivos en bloques de entrenamiento especializados o mesociclos.

En lugar del diseño típico de mesociclo, este sistema sugiere una ordenación de los mesociclos basados en la relación entre las distintas capacidades-objetivos.

Es obvio que la mejora de una capacidad requiere la elevación de otra capacidad relacionada por medio del entrenamiento concentrado en un mesociclo consecutivo. Así, un mesociclo acumulativo con trabajo generalizado extensivo debe preceder al trabajo intensivo más especializado del mesociclo de transformación. Este, a su vez debe facilitar las bases para los ejercicios muy especializados competitivos y el entrenamiento concentrado de velocidad en el mesociclo de realización (figura 10.37)

Figura 10.37. La ordenación de los mesociclos de un ciclo anual de entrenamiento



También puede utilizarse una combinación consecutiva de dos mesociclos de acumulación y dos de transformación (figura 10.38). No obstante, el programa acumulativo debe preceder al entrenamiento de transformación, el cual a su vez debe preceder al mesociclo de realización. Este principio de ordenación debería también ser utilizado cuando se diseñan los programas anuales de entrenamiento.

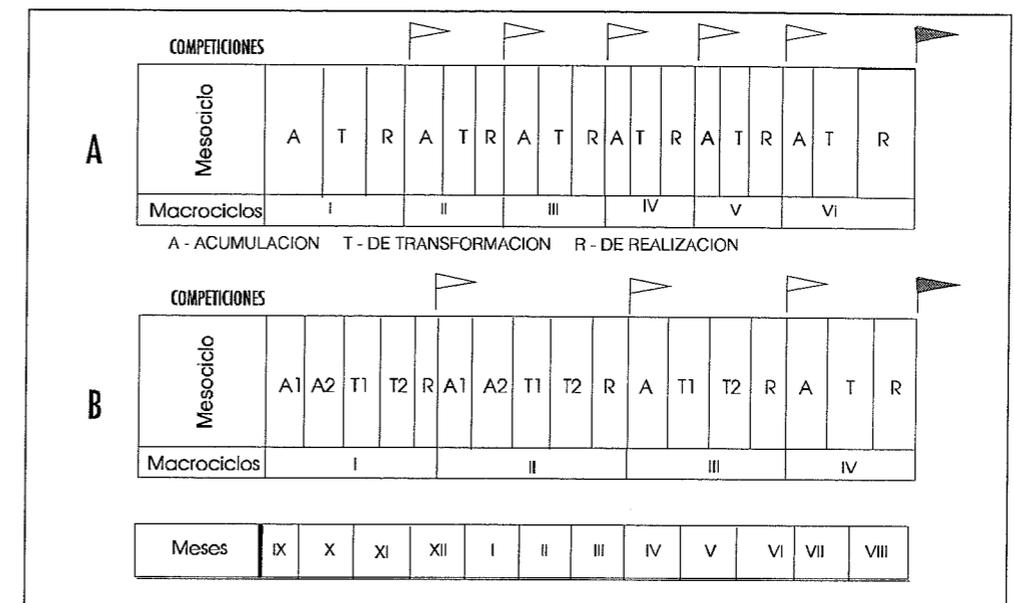
El macrociclo en el sistema ATR afecta a todos los aspectos fundamentales de la preparación deportiva. En efecto, es similar al ciclo anual, solamente que en versión miniatura. No obstante, la estructura y contenido del entrenamiento varía dependiendo de:

- 1) la posición de la fase específica dentro de la temporada;
- 2) la cualificación de los deportistas;
- 3) la especificidad de los deportes.

Dependiendo de la ubicación de la fase en el ciclo anual, la estructura y contenido puede ser diferente. En la figura 10.38 se representan dos variaciones de diseños de una temporada con diversas duraciones y estructuras de las fases de entrenamiento en los períodos preparatorio y competitivo.

Figura 10.38. Variaciones en la planificación de la temporada con diferentes planteamientos de las fases de entrenamiento

- a) planteamiento con tres mesociclos diferentes
- b) planteamiento con 5, 4 y 3 mesociclos.



La primera variación se caracteriza por la combinación de tres mesociclos diferentes dentro de una fase. Este sistema ofrece el empleo de mesociclos más largos y una combinación estandar entre los mismos de macrociclo a macrociclo. La duración de los macrociclos permitirá lograr:

- a) más «picos» de preparación y tomar parte en competiciones con resultados elevados,
- b) una variación en el entrenamiento debido a que los mesociclos están cambiando frecuentemente.

La segunda variación comprende la reunión de cinco o cuatro mesociclos. Como consecuencia, las fases de entrenamiento son más largas y son utilizadas principal-

mente por deportistas de clase media aunque puede también ser apropiado para la primera parte de entrenamiento en la temporada de los deportistas de élite. El empleo de los mesociclos dobles de acumulación y transformación puede justificarse para aumentar la influencia de ciertos tipos de entrenamiento (Tabla 10.5). Sin embargo, dado los posibles efectos sobre las reservas de adaptación, este programa de entrenamiento debe ser meticulosamente preparado con el fin de prevenir la disminución de algunas capacidades. Como resultado, el énfasis sobre cargas de entrenamiento puede involucrar solamente una o dos capacidades y el nivel de concentración será más bajo.

La concentración en una capacidad/objetivo queda usualmente asegurada en los deportistas de élite con el 40% como mínimo de la duración total del entrenamiento. El resto del entrenamiento debe ser distribuido entre otras capacidades poniendo atención especial a los efectos residuales del trabajo precedente.

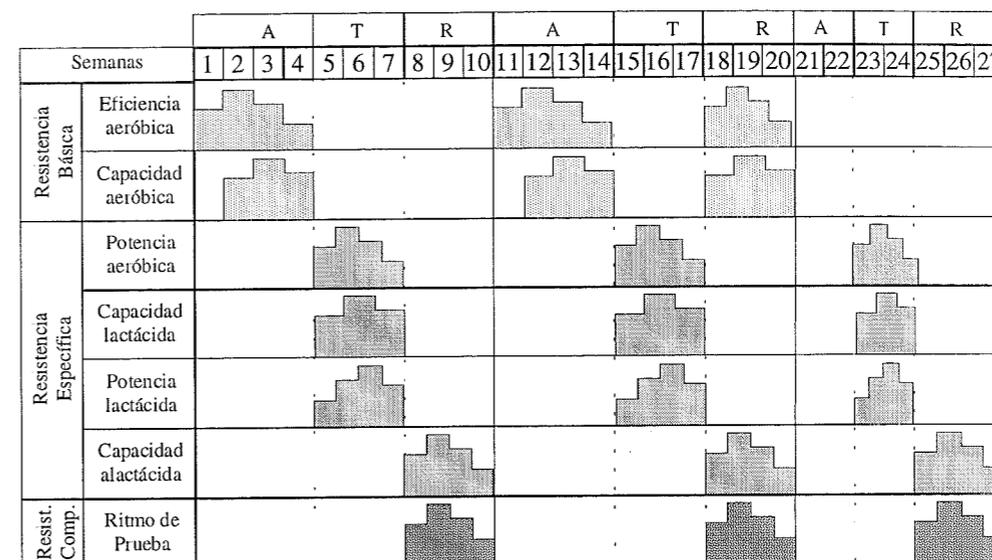
Tabla 10.5. Tipos de entrenamiento predominantes y complementarios en la resistencia en distintos mesociclos

Mesociclos	Tipo de entrenamiento principal	Objetivos adicionales
De acumulación 1	Resistencia aeróbica	Fuerza máxima Desarrollo general
De acumulación 2	Fuerza máxima	Resistencia aeróbica Desarrollo general
De transformación 1	Fuerza-resistencia	Resistencia aeróbica-anaeróbica Perfeccionamiento de la técnica
De transformación 2	Resistencia aeróbica-anaeróbica	Fuerza-resistencia Resistencia anaeróbica Perfeccionamiento técnico
De realización	Modelamiento de la competición Capacidades de Velocidad	Resistencia anaeróbica Táctica Técnica

Partiendo de la estructura básica del macrociclo ATR (Figura 10.36), se deberán establecer los contenidos/objetivos concretos que se trabajarán de forma concentrada para la mejora del rendimiento en las distintas disciplinas de resistencia las disciplinas de RDC.

En la figura 10.39 se muestran los contenidos/objetivos de entrenamiento de la resistencia utilizando la estructura del macrociclo ATR en un ciclo de preparación de 27.

Figura 10.39. Modelo de periodización de entrenamiento mediante un macrociclo ATR para deportes de resistencia de corta duración



10.5.7. DIFERENCIAS Y SIMILITUDES ENTRE LOS MODELOS DE PLANIFICACIÓN CON CARGAS ACENTUADAS Y CON CARGAS CONCENTRADAS

Como resumen de lo expuesto, y ahondando en los modelos más contemporáneos de planificación, conviene hacer una comparación de los puntos comunes y las diferencias más significativas entre los modelos con cargas acentuadas y concentradas (Franz y Reiss, 1992b). Como **puntos comunes** podríamos señalar:

1. El **desarrollo de una mayor velocidad en condiciones de competición**, que exigen una resistencia de velocidad (Rv) y resistencia específico-competitiva (Rec) más elevada. Naturalmente, este incremento de velocidad se debe basar en la producción de una ayuda propulsiva mayor de parte de los músculos involucrados en el movimiento de la locomoción, los cuales necesitan un adecuado entrenamiento de la fuerza.

2. El **incremento racional de la intensidad** de la carga en el transcurso del macrociclo.
3. El nuevo valor que se le atribuye a la resistencia muscular local que exige cargas de resistencia a la fuerza.
4. La **utilización repetida de macrociclos con la misma estructura** (a niveles diversos de intensidad y volumen).
5. La **acentuación (REIB)** o la **concentración (VERCHOSHANSKIJ)** de precisas direcciones o formas de cargas, en determinadas etapas del ciclo anual o de un macrociclo.

Las **diferencias** entre los dos puntos de vista, pueden ser resumidas en:

1. La **diversa importancia atribuida al máximo consumo de O_2 por el sector de la Resistencia de base (Rb)**: Reib exige cargas semiespecíficas y en general una ampliación las cargas de (Rb); para Verchoshanskij la importancia es relativa, y resalta el papel de la fosfocreatina en la producción de energía. Por lo cual el entrenamiento no glucolítico viene aplicado en otra forma, la preparación específico condicional (Pec)
2. La **diversa valoración del orden de ampliación de la resistencia muscular local/resistencia a la fuerza**. Si recordamos en el punto 1, Verchoshanskij le atribuye una posición más elevada en la (Pec), donde se usa en forma más concentrada, casi exclusiva. Reib atribuye cargas de resistencia a la fuerza con cargas de (Rb); sin embargo la resistencia a la fuerza en la etapa de competición, emerge como dominante a través del empleo de medios de entrenamiento propios del sector de la (Rv) y de la (Rec), junto a un claro acento sobre la fuerza veloz y la resistencia de la fuerza-veloz.
3. La **organización del proceso de intensificación de la carga**. En Verchoshanskij encontramos una subdivisión en tres bloques/etapas, mientras según Reib, a pesar de la acentuación de la carga, se resta vinculación a los bloques sin solución de continuidad.
4. En general, el modo de proceder propuesto por Reib, requiriendo una ampliación de las bases de la prestación sobre el plano aeróbico, exige más tiempo mientras Verchoshanskij hace referencia explícita al ahorro de tiempo que se obtiene a través del empleo de la (Pec) (disminución de los km. a recorrer).

11. EL ENTENAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LARGO PLAZO

El camino hacia el logro del alto rendimiento se consigue a través de un largo proceso de entrenamiento. La intervención adecuada sobre este proceso es lo que permite que se puedan diseñar planes de preparación plurianuales, es decir, de varios años.

Uno de los factores determinantes para poder llevar hacia delante el desarrollo de este proceso es el conocimiento de las posibilidades y ritmo de desarrollo de las capacidades físicas. Sin embargo, el proceso de entrenamiento a lo largo de varios años supone la necesidad de planificar las cargas y tipos de trabajos adecuados a través de determinadas etapas significativas en el desarrollo del deportista.

11.1. LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE LOS SISTEMAS IMPLICADOS EN LA RESISTENCIA

Uno de los aspectos más relevantes a tener en cuenta en el proceso de entrenamiento de la resistencia es conseguir una óptima reserva de entrenamiento o efecto residual a lo largo de los años de preparación. El efecto de entrenamiento residual «total» o «global» se apoya en un número amplio de sistemas biológicos y físicos. Estos sistemas tienen efectos variados y diferentes sobre el rendimiento deportivo. Según el concepto de heterocroneidad del entrenamiento, existen diferentes ritmos de adaptación de los distintos sistemas. El sistema también varía en la retención y ritmo de pérdida y ganancia de la preparación y en sus efectos acumulativos que definirán la reserva de entrenamiento residual global o total. Algunas reservas de entrenamiento se pierden en unos días, mientras que otras son retenidas casi indefinidamente. Para ilustrar este punto, se ha desarrollado un modelo, que ilustra la magnitud y ritmo de retención

y pérdida de cada sistema físico (Figura 11.1). Si bien no debe esperarse que este modelo funcione por igual en todos los deportistas, debido a que el nivel o ritmo de pérdida de preparación en cualquiera de estos sistemas es siempre individual, se sabe que existen algunos sistemas que usualmente muestran mayor consistencia en su capacidad de retener por más tiempo que otros.

El primer sistema en este modelo corresponde a la «*productividad metabólica*». Está subdividido en dos diferentes subsistemas: *anaeróbico* y *aeróbico*. La *productividad metabólica anaeróbica*, la cual se refleja en el aumento o disminución de las enzimas glucolíticas, tiene la reserva de entrenamiento más pequeña de todos los sistemas. Su retención o ritmo de pérdida puede ser observado en pocos días o en pocas semanas. La *productividad metabólica aeróbica*, la cual está reflejada en cambios en la cantidad de enzimas aeróbicos, parámetros respiratorios, etc. tiene una reserva de entrenamiento más amplia, y puede ser retenida durante unos meses. Aunque puede argumentarse que esto no es una reserva de entrenamiento sustancial, la productividad metabólica aeróbica no refleja todas las cualidades de resistencia retenidas en diferentes sistemas.

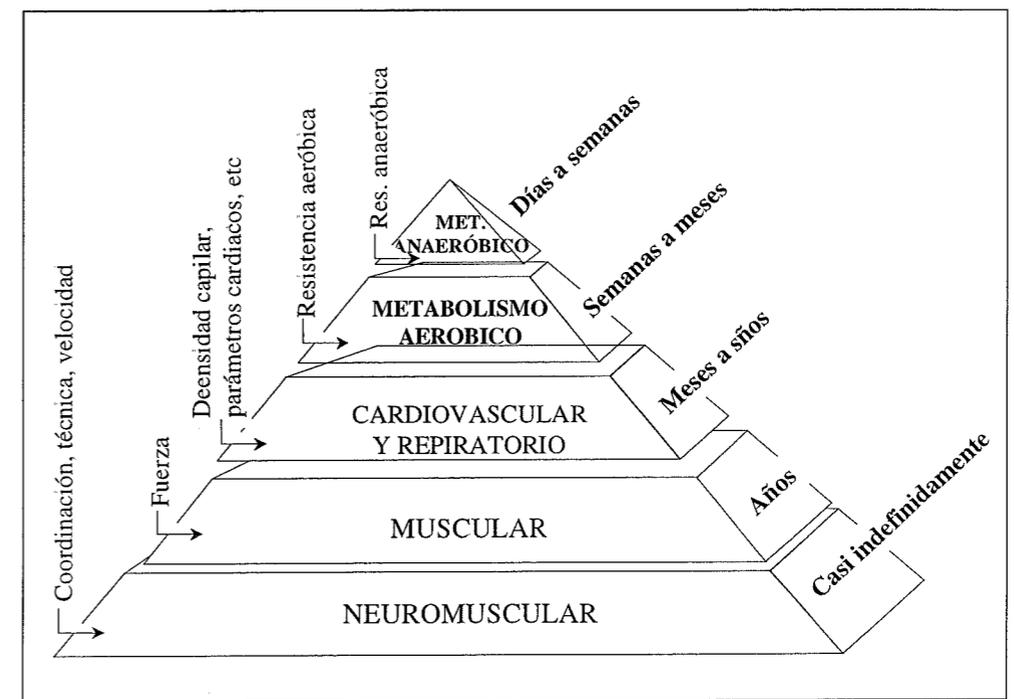
El siguiente sistema que posee una reserva de entrenamiento significativamente más elevada que la productividad metabólica es el *sistema cardiovascular-respiratorio*, que puede también ser denominado sistema circulatorio, incluyendo todo desde la densidad capilar en el tejido muscular a parámetros cardíacos como el tamaño del corazón y el volumen por latido. El sistema respiratorio también tiene una reserva de entrenamiento equivalente a la del sistema cardiovascular. Los cambios físicos en el sistema respiratorio asociados con el entrenamiento se observan en un aumento en la masa de los pulmones, y, por tanto, en un aumento del área respiratoria de los pulmones (los alvéolos).

Un entrenamiento físico y extensivo continuo produce un aumento de la capilarización del músculo por la formación de nuevos capilares o por la apertura de capilares ya existentes. El desentrenamiento producirá en última instancia al menos el cierre de algunos capilares. El ritmo de cierre estará afectado por la magnitud de la reserva de entrenamiento. La retención de niveles más altos de densidad capilar en el músculo de corredores entrenados extensivamente, en contraposición a sujetos entrenados brevemente, durante períodos prolongados de inactividad, demuestran que la densidad capilar se ve afectada por la base del entrenamiento individual, revelando de este modo un efecto residual. Además de la densidad capilar, otros factores como parámetros cardíacos y volumen latido han sido estudiados en investigación transversal (Ekblom y Hermansen 1968). Estos parámetros muestran una diferencia mayor cuando se comparan con la de deportistas con menor base de entrenamiento. Esto apoya la teoría de entrenamiento residual de que a mayor magnitud de un determinado parámetro físico, mayor es su entrenamiento residual.

En relación con la *productividad metabólica celular*, se han publicado diversas investigaciones que señalan la importancia de las reservas de entrenamiento de dura-

ción más largas en los resultados de resistencia. Barnard y Peter (Barnard y Peter 1971) fueron los primeros en descubrir una pobre correlación entre los resultados de resistencia y la presencia de componentes metabólicos (concentración de citocromo). Estos y otros estudios han demostrado que la capacidad para la producción de energía (fosforilización oxidativa) no correlacionaba con la mejora del rendimiento de resistencia. Aunque el consumo máximo de oxígeno está relacionado con los resultados del rendimiento, el consumo máximo de oxígeno no está limitado por el aparato metabólico a nivel celular. Esto indicaría que el sistema cardiovascular es el factor limitante. Un estudio dirigido por Saltin y colaboradores (Saltin, Hartley et al. 1969) indica que el volumen latido es el parámetro físico que contribuye de forma principal al consumo máximo de oxígeno con un entrenamiento prolongado. De este modo, es completamente posible que la reserva de entrenamiento global para cualidades de resistencia deba ser sostenida para niveles de resistencia óptimas por reservas de entrenamiento largamente duraderas de otros sistemas más que del mecanismo de energía metabólica.

Figura 11.1 Modelo representando las magnitudes teóricas de reservas de entrenamiento para diferentes sistemas físicos y sus ritmos de pérdidas



El *sistema muscular* revela una reserva de entrenamiento más alta que el sistema cardiovascular/respiratorio. El sistema muscular comprende modificaciones de los músculos en el nivel celular, no relacionadas directamente a la adquisición de la energía, tales como la hipertrofia y la hiperplasia muscular. También incluye la modificación del tipo de fibras. Los dos tipos de modificaciones mencionadas previamente determinan la adquisición de capacidades de fuerza, tales como la fuerza máxima y la fuerza-resistencia. También incluye el entrenamiento de las propiedades reactivas y elásticas del músculo para facilitar las cualidades de fuerza-velocidad del músculo. Las reservas de entrenamiento del sistema muscular pueden ser retenidas durante años, a pesar de las mejoras posteriores que pueden ocurrir como resultado de la maduración continuada, o pérdidas debido a atrofas causadas por enfermedad o lesión.

El sistema que tiene la reserva de entrenamiento más duradero es el *sistema neuromuscular* e incluye la adquisición de coordinación, destreza de movimientos y la preparación técnica. También están incluidos otros factores tales como la disponibilidad cinestésica y la sensibilidad propioceptiva.

Como ya se estableció anteriormente, no existe una simple forma o dirección por la cual pueda ocurrir la retención o ritmo de ganancias de cada sistema bajo una secuencia definida. Esto se debe a que la mayoría de los sistemas están controlados por complejos factores hormonales y neurogénicos, así como por la tendencia de cada uno para afectar a otro. Aunque los efectos de entrenamiento se miden por cambios en los sistemas físicos, es en el sistema nervioso donde se ven los mayores efectos de estímulos de entrenamiento. Es también en el sistema nervioso donde comúnmente existe el mayor potencial para reservas de entrenamiento. El sistema nervioso puede almacenar y recuperar importante información formada bajo las influencias de reservas de entrenamiento. De este modo, a su vez, puede crear una cascada de factores neurogénicos y hormonales, que pueden afectar a la retención de parámetros físicos. Este aspecto de entrenamiento no ha sido suficientemente tratado por los fisiólogos del ejercicio. Uno de los conceptos que ha sido formulado en relación a las reservas de entrenamiento inducidas neuralmente es el de la «recuperación fisiológica» (Counsilman y Counsilman 1991). Este concepto establece que, si la base del deportista es suficientemente amplia, el deportista puede ser capaz de recuperar y volver a ganar lo perdido en su estado de preparación en un ritmo mayor que cuando se compara con sujetos con bases más reducidas de entrenamiento. El ritmo de recuperación fisiológica está directamente afectado por la magnitud de la reserva de entrenamiento. Es totalmente posible que la recuperación fisiológica no necesite ser inducida neuralmente, especialmente en el nivel microvascular. Una vez los capilares vestigiales han sido abiertos por efectos de entrenamiento crónicos, requerirán solamente cambios fisiológicos para reabrirlos sin estimulación neural.

11.1.1. RECOMENDACIONES PARA ALCANZAR UNA RESERVA DE ENTRENAMIENTO ÓPTIMA EN RESISTENCIA

Con el fin de lograr una óptima y duradera reserva de entrenamiento es *recomendable* hacer lo siguiente:

(1) **Comenzar el entrenamiento en las primeras edades** de modo que las reservas de entrenamiento puedan estar disponibles durante la fase de la madurez competitiva del deportista. El entrenamiento debe tener un alto grado de continuidad durante todo el año, evitando períodos prolongados de inactividad. Las interrupciones entre temporadas deben ser de carácter transicional, con cargas reducidas, pero sin cesar completamente el entrenamiento.

(2) **Ajustar las cargas de entrenamiento a las máximas recomendables en cada momento.** Un año de entrenamiento de baja carga producirá un efecto acumulativo de entrenamiento insuficiente, mientras que un exceso de carga podría resultar sobreentrenamiento. Las cargas máximas usuales de entrenamiento dependen de la edad y aumentan sucesivamente en cada año. Las cargas máximas de entrenamiento anuales también difieren en su distribución y periodización, lo que a su vez, depende del nivel de capacidad del deportista. Esto asegura un aumento progresivo, gradual, en cada año sucesivo de entrenamiento hasta que se alcanza una edad o nivel de capacidad en que las cargas de trabajo pueden llegar a ser relativamente estables.

(3) **En deportes de resistencia, el contenido del entrenamiento de resistencia debe ser principalmente aeróbico,** especialmente en los primeros años de la competición de edades. En cada año siguiente, el contenido de la carga anual de entrenamiento también cambiará, elevándose hacia un mayor trabajo hecho en zonas mixtas aeróbicas-anaeróbicas en la medida que la especialidad de resistencia así lo exigiese. El trabajo anaeróbico láctico (resistencia de velocidad) o el trabajo anaeróbico aláctico (velocidad máxima o sprint) nunca debería dominar como principal componente del entrenamiento. Esto último puede hacerse solamente si la carga de entrenamiento total es drásticamente disminuida y no debería intentarse con deportistas principiantes o de nivel intermedio.

En resumen, las reservas de entrenamiento o efecto residual se logran mediante un efecto acumulativo y según el contenido de la carga. El contenido del entrenamiento debe modificarse para ajustarse a la complejidad del desarrollo de diferentes capacidades. En los primeros años o fases de entrenamiento, el énfasis debe colocarse en el desarrollo de las capacidades físicas o sistemas que requieren un desarrollo más largo, pero que también mantienen sus efectos por más tiempo. Ante aquellos técnicos que abogan por la reducción en la carga de entrenamiento total, la frecuencia de entrenamiento y la eliminación de ciertos métodos de entrenamiento, se opone la teoría de la adaptación a largo plazo que trata de evitar la disminución del efecto acumulativo de entrenamiento y, por tanto, reducir de este modo la magnitud de las

reservas de entrenamiento necesarias. Sin estas reservas de entrenamiento será difícil desarrollar todas las cualidades físicas deseables, especialmente aquellas que permitan que el contenido de entrenamiento sea modificado sin pérdida de preparación.

Otro factor a tener en cuenta es la incidencia de cómo las reservas de entrenamiento contribuyen a mantener el rendimiento óptimo según las demandas de las pruebas competitivas. En las especialidades deportivas de duraciones más cortas, donde las necesidades de fuerza y las capacidades de velocidad son mayores, la dependencia de una reserva de entrenamiento de la resistencia puede ser relativamente más baja y menos duradera. En las especialidades de distancias medias (RDC y RDM), donde las demandas de resistencia son más elevadas, el deportista debe depender de una reserva de entrenamiento mayor y de un entrenamiento de resistencia máximo continuado. El deportista de distancias extra largas (RD-I, RDL-II, RDL-III y RDL-IV) no puede apoyarse solamente en su reserva de entrenamiento para sostener los niveles de rendimiento deseables si considera posibles cortes de larga duración en el entrenamiento.

11.2. EL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA SEGUN LA EDAD

El estudio de las características de desarrollo de las capacidades deportivas ha llamado la atención de muchos investigadores del deporte y expertos en la metodología del entrenamiento, especialmente en los últimos 20 años. Sin embargo, los resultados muestran contradicciones continuas, especialmente debidas al momento en que fue realizada la investigación. Si tenemos en cuenta que los jóvenes de hoy se entrenan actualmente como los adultos de hace 20 años, e incluso superan los resultados en algunas disciplinas de los campeones de hace 10 años, es evidente que debemos interpretar con cierta cautela determinadas investigaciones donde la muestra puede ser escasamente real a estas alturas de la situación del deporte. De ahí que debemos plantearnos la descripción de cada capacidad con la suficiente atención y la máxima rigurosidad.

Cuando hablamos de entrenamiento en los jóvenes, normalmente provoca signos de desagrado o desaprobación en numerosos pediatras de este país, e incluso colegas nuestros, profesores de Educación Física y técnicos deportivos. Sin embargo, en mi opinión creo que esto ocurre porque se relaciona al entrenamiento con esfuerzos máximos y hasta a veces exagerados que hemos visto en entrenamientos con niños y jóvenes a cargo de personal no capacitado y, en algunos casos, yo me atrevería a señalar, sin escrúpulos.

El entrenamiento en los niños y jóvenes es siempre posible y recomendable siempre que se ajuste a las posibilidades y limitaciones de cada edad y sexo. El respeto al principio de adaptación a la edad y a la individualidad es absolutamente necesario para ello. Esto implica tener en cuenta posibilidades biológicas, talento, motivación y

disposición por parte del niño para lograr resultados óptimos (Cerani 1993).

Deberíamos decir, como premisa básica, que el entrenamiento del joven deportista debe permitir y asegurar un normal y correcto desarrollo, previniendo trastornos ortopédicos por malas posturas o debilidades de algunos grupos musculares y, por otro, preparar al deportista para el máximo rendimiento a largo plazo, sin limitar el mismo en cada etapa de desarrollo, el cual deberá ser adaptado a las posibilidades de rendimiento según la edad biológica y maduración del joven deportista.

11.2.1. LA RESISTENCIA EN LOS JÓVENES

La capacidad de un individuo para ejecutar un trabajo físico depende de la capacidad del organismo para activar y utilizar las reservas de energía. La energía se puede producir aeróbicamente a través del *sistema aeróbico*, así como por otros dos sistemas. Con estos otros sistemas, la energía puede producirse en la célula muscular cuando el oxígeno no está disponible debido a las mayores demandas del ejercicio. Esta energía se denomina anaeróbica. El primer sistema, el *sistema ATP-PC* provee la energía en esfuerzos de cortísima duración y muy intensos, tales como un sprint de 50 metros lisos. El segundo sistema anaeróbico, el *sistema de ácido láctico*, permite continuar con altas intensidades hasta esfuerzos de 1-1,5 minutos (Paterson 1979/1980). El límite para la duración e intensidad de este tipo de ejercicio está determinado por la producción de ácido láctico en el músculo. Existen bastantes coincidencias de investigaciones que señalan que los niños preadolescentes no están maduros en sus capacidades para suministrar energía del sistema de ácido láctico. Los datos fisiológicos muestran una tolerancia más baja en todos los esfuerzos máximos de este tipo, valores de deudas de oxígeno más bajas (indicación de capacidad anaeróbica), y de estudios de biopsias musculares, una actividad más baja de las enzimas musculares que se requieren para los cambios que se producen para suministrar energía por esta vía. Cualquier factor que acelere o retrase la embestida de la fatiga durante el trabajo de alta intensidad está, obviamente, relacionado con la resistencia anaeróbica (Lamb 1978).

El metabolismo aeróbico en los adultos es más importante al final del minuto y medio (Neuman 1990; Neuman 1991), pero en los niños empieza a ser predominante a partir de los 30 segundos (Macek y Vavra 1980). Este aumento, más pronto y más rápido, del metabolismo aeróbico en altas intensidades de trabajo podrían explicar las bajas acumulaciones de lactato en los jóvenes. Eriksson (Eriksson 1972) registró que los valores más bajos de ácido láctico en los niños eran causados probablemente por una cantidad más baja de enzimas glucolíticas junto con la adaptación más rápida del consumo de oxígeno o que puede afirmarse que la capacidad para la movilización rápida del metabolismo aeróbico en la fase inicial del ejercicio en los niños hace innecesaria una alta capacidad de glucólisis. En este sentido, varias investigaciones bioquímicas sobre el esfuerzo infantil demuestran que el niño muestra una *capacidad anaeróbica reducida* y una capacidad aeróbica periférica mayor, así como una preferencia mayor en la utilización oxidativa de los lípidos (Berg y Keul 1985).

La potencia máxima aeróbica o $VO_2\text{max}$ -cantidad máxima de oxígeno que puede ser utilizada por una carga física- ha sido una de las medidas más utilizadas para determinar la capacidad aeróbica de los individuos. Existe otro factor, el umbral anaeróbico, que influye también notablemente sobre esta capacidad de resistencia. Sin embargo, se sabe muy poco de la determinación del umbral anaeróbico en los niños. Al expresar dicho valor en porcentaje del consumo máximo de oxígeno, resulta más alto que en los adultos (Bar-Or, 1983, citado por Melendez 1989). Según este criterio, el niño parece estar mejor dotado en la resistencia aeróbica que el adulto. Se han encontrado significativas mejoras del umbral anaeróbico en niños de 11 años causadas por un entrenamiento interválico (Haffor, Harrison et al. 1990) y en niños de 9 a 11 años durante un entrenamiento de resistencia de 8 semanas a razón de 40 minutos diarios en 3 días por semana (Becker y Vaccaro 1983).

El equilibrio máximo láctido está por debajo de los 4 mmol/l (3.0-3.5 mmol/l). Se utiliza para ello aproximadamente un 80% del consumo máximo de oxígeno con una frecuencia cardíaca entre 180-190 pulsaciones por minuto (Zintl, 1991). En coincidencia con lo anterior, se ha hecho mención de una medida de la frecuencia cardíaca de 190 batidos/minuto en el umbral anaeróbico (4 mmol/litro de lactato) en niños de 10 a 14 años (Kinderman 1978).

Antes de la pubertad no parecen existir diferencias en el $VO_2\text{max}$ entre chicos y chicas, cuando se expresan en litros/minuto, pero las mujeres parecen tener solo un 75% de la capacidad máxima aeróbica de los hombres, también expresada en litros/minuto. Sin embargo, debido a que las mujeres generalmente aumentan su masa adiposa en mayor medida que los hombres, la diferencia se ve considerablemente modificada cuando el $VO_2\text{max}$ se expresa en ml/kg de peso.

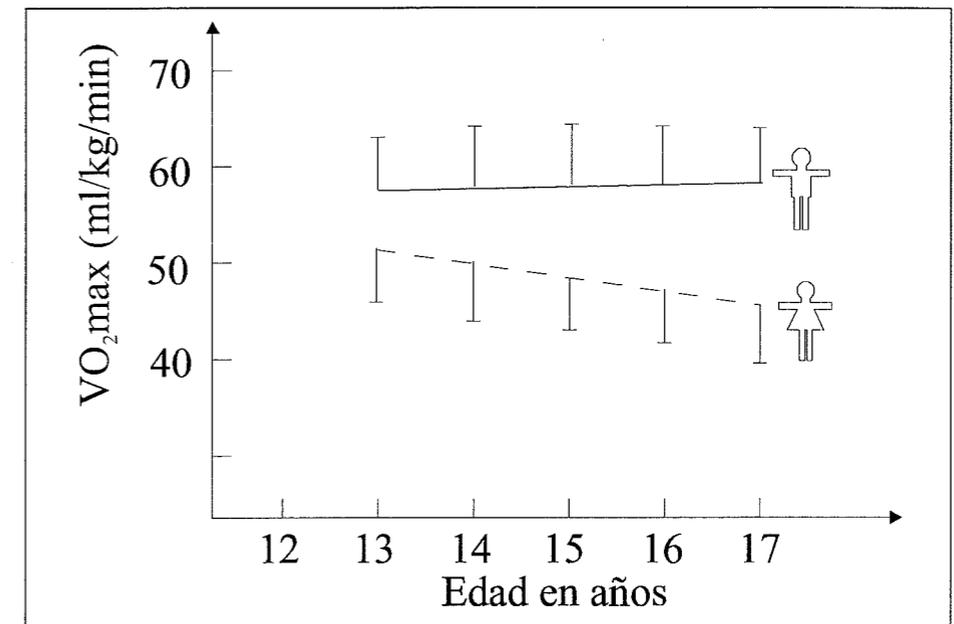
En un estudio longitudinal con niños de 13-14 años de ambos sexos durante un período de cuatro años se revelaron los siguientes resultados (Kemper 1983)(Figura 11.2)

- En los muchachos, la potencia aeróbica máxima permanece constante durante el crecimiento de 13 a 17 años de edad con unos valores de 59 ml/kg/min.
- En las chicas, la potencia aeróbica máxima disminuye de 57, a los 13 años a 45 ml/kg/min en la edad de 17. La mayor parte de este descenso en las mujeres puede explicarse por el aumento del porcentaje graso de 24 a 27. El porcentaje graso de los muchachos permanece estable en un valor medio del 16%

En una revisión sobre la capacidad aeróbica y anaeróbica en niños (Zwiren 1989) se recoge que la capacidad aeróbica, cuando se expresa en litros por minuto, se observa que aumenta con el desarrollo; cuando se expresa en relación con el peso corporal, la capacidad aeróbica permanece igual o disminuye con la edad. La capacidad anaeróbica aumenta con la edad, bajo cualquier forma en que se expresen los valores.

Sin embargo, experimentos longitudinales bien diseñados han demostrado que una vez que el niño prepubescente alcanza la destreza suficiente para llevar a cabo un programa de entrenamiento de la resistencia, el consumo máximo de oxígeno puede llegar a aumentar alrededor de un 15% en un plazo de 12 semanas. El principal mecanismo es un aumento del volumen por latido cardíaco máximo (Mercier, Vago et al. 1987; Shephard 1990). Con ello podemos concluir que no existe evidencia de que los niños prepubescentes son menos propensos al entrenamiento aeróbico que los adultos de condición física semejante.

Figura 11.2. Media y desviación standar de la potencia máxima aeróbica en muchachos y muchachas, relacionados con la edad cronológica. Según Kemper (1983)



11.2.2. ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA

La influencia de la herencia sobre el $VO_2\text{max}$ fué investigado en un estudio con gemelos. El 90% de las diferencias en el $VO_2\text{max}$ se deben a la herencia y sólo un 10% al entrenamiento (Klissouras 1977).

En los datos de Kobayashi (Kobayashi 1978) se sugieren que los muchachos tienen los mayores efectos de entrenamiento un año después del máximo crecimiento en altura.

Los efectos del entrenamiento de resistencia estan también influenciados por la edad. En los adultos, los efectos llegan a ser menores. Pero es todavía una especula-

ción afirmar que el nivel puede lograrse comenzando el entrenamiento más temprano. Atletas de resistencia como Keino, Viren, Elliot y Malinowski no entrenaron en edades jóvenes y alcanzaron notables resultados en distancias de resistencia. No obstante, en una reciente revisión llevada a cabo por Shepard (1992) se demuestra los efectos positivos del entrenamiento de resistencia en niños prepubescentes hasta 11 años (tabla 11.1).

Tabla 11.1 Respuestas de entrenamiento de niños prepubescentes (excluidos estudios con niños(as) de más de 11 años). Según Shephard (1992)

Tabla 11.1.- Respuestas de entrenamiento de niños prepubescentes (excluidos estudios con niños(as) de más de 11 años). Según (Shephard, 1992)

Edad (años)	Tamaño del grupo	Tipo de ejercicio	Intensidad del ejercicio (Frec Card máx., puls/min)	Frecuencia (sesiones/semana)	Duración del programa (semana)	VO2max (MI/kg/min)		Referencia
5	92 M/F	750-1500m carrera	190-200	1	30	43.5	0	Yoshida et al (1980)
				5	30	42.1	+0.7	
				1	60	43.5	-1.9	
				5	60	42.1	-3.2	
8-9	13 F 11 M	800m carrera	Velocidad máxima	1	6	44.8	+1.6	Mocellin & Wasmund (1973)
				1	6	51.8	+1.1	
9-10	15 F 14 M	1000m carrera	200 194	2	7	47.3	+1.6	Mocellin & Wasmund (1973)
				2	7	54.2	+1.7	
9-10	22 M 24 F	20-24 min carrera+calisténicos+juegos de balón	Velocidad máxima	2, 3, 4	9	50.2	-0.8	Bar-Or & Azwiren (1973)
					9	44.2	+1.9	
8-12	16 M/F	10-35 min carrera (2 días), 45 min carrera y juegos(2 días)	185	4	12	55.6	+2.8	Lussier & Buskirk (1977)
9-11	11 M/F	15 min salto de cuerda, 2-3 días en casa)	168	4-5	8	42.4	+0.4	Benedict et al. (1985)
9-10	15 M	Ciclismo (4 min x 4)	170-190	5	8	0.75L/min	+0.02	Gatch & Byrd (1979)
9-11	15 M/F	Natación 3000 - 10000 yardas		4	30	47.3	+8.1	Vaccaro & Mahon (1989)
9-10	7 M	1.5 horas carrera, fútbol y natación		4-5	260	47.5	+7.5	Kobayashi et al (1978)

Los esfuerzos de carácter anaeróbico láctico postergarán su tratamiento específico hasta después de los 15-16 años, si bien pueden realizarse con precaución y esporádicamente, ya que la máxima capacidad anaeróbica láctida no se desarrolla hasta aproximadamente esta edad. Afortunadamente, parece que no existen efectos negativos sobre el cuerpo por la participación de esfuerzos anaeróbicos con los jóvenes. Incluso algunas evidencias sugieren que el entrenamiento del sistema de ácido láctico puede guiar hacia una maduración más temprana de este sistema de energía. La problemática de la resistencia anaeróbica láctica puede abordarse desde diferentes puntos. La capacidad glucolítica es significativamente menor en niños por una limitada actividad enzimática, debido a la baja cantidad de enzimas esenciales en la glucólisis anaeróbica, como la Glucogeno Fosforilasa, la Fosfofructoquinasa (PFK) y la LDH. Esta capacidad glucolítica limitada hace que la concentración de glucógeno en las reservas sea menor y, por lo tanto, su velocidad de utilización anaeróbica también lo sea.

Por otro lado, el grado de acidosis donde el músculo todavía puede contraerse es mucho menor en niños. Esto significa que éstos no pueden alcanzar niveles tan elevados de ácido láctico como los adolescentes y los adultos.

Parece como si el organismo infantil tuviese un sistema de alarma y seguridad que se pone en funcionamiento cuando alguien quiere excederse con sus posibilidades. Por ejemplo, cuando aumenta la concentración de ácido láctico a nivel muscular, actúa como un modulador negativo sobre los enzimas de la glucólisis anaeróbica, inhibiéndolas e interrumpiendo de esta manera el generador de energía.

Los niños se recuperan rápidamente a pesar de tener una eliminación de lactato retardada en comparación con la del adulto; esto también puede leerse como una delimitación en la capacidad de recuperación (tabla 11.1).

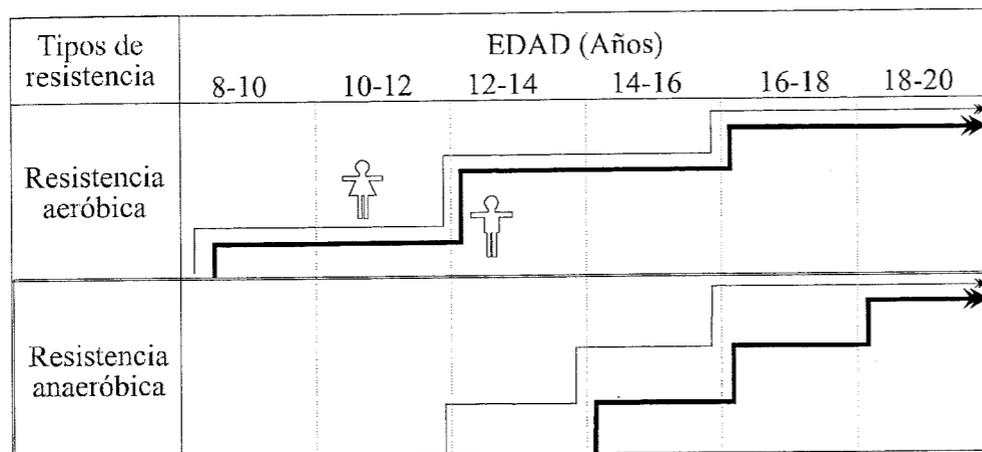
Tabla 11.1. Producción aproximada de lactato en niños. Según Cerani (1993)

4 a 6 años	3-6 mmol
6 a 9 años	4-8 mmol
jóvenes de 15 años	6-14 mmol

Los valores de producción de lactato de la tabla 11.1 no se pueden tomar en forma muy rígida, ya que pueden existir diferencias notables en función de las características de cada deportista y el tiempo de práctica en un determinado deporte. Por ejemplo, se ha visto que en nadadores de 200 metros, la concentraciones de lactato son mayores a las señaladas en dicha tabla.

En la figura 11.3 se aprecian las distintas aplicaciones y posibilidades de determinadas componentes relacionadas con la resistencia. La *resistencia aeróbica* debe iniciar su entrenamiento en edades tempranas (8-10 años) en ambos sexos, aunque hay quien incluso considera decisivo que el desarrollo de la resistencia comience entre los 5 y los 7 años con ejercicios de carrera (Kutsar 1992). Existe la opinión de que el período más indicado para el desarrollo de la resistencia aeróbica o de base está entre los 11 y los 14 años (Nadori 1985). Sin embargo, la *resistencia anaeróbica láctica* o resistencia a la velocidad se puede entrenar con escasa eficacia durante la infancia. Su entrenabilidad mejora notablemente en la adolescencia, siempre y cuando el individuo tenga una buena resistencia de base. Por ello, la resistencia anaeróbica debe retrasar su entrenamiento hasta los 12-14 años para las mujeres y los 14-16 años para los hombres.

Figura 11.3. Aplicación del entrenamiento de distintas componentes de la resistencia según la edad



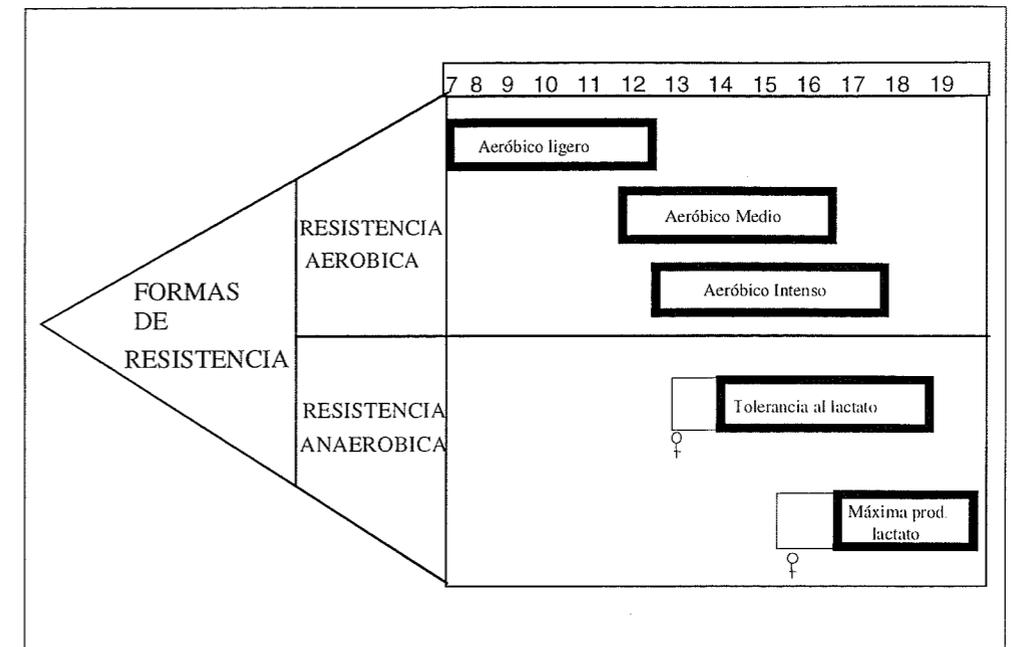
El entrenamiento de la potencia máxima aeróbica en los niños debe tener los requerimientos mínimos siguientes:

- DURACION (más de 10 minutos)
- INTENSIDAD (más del 70% del VO₂max)
- FRECUENCIA (2-3 veces por semana)

Una intensidad del 70% en los jóvenes corresponde a una frecuencia cardíaca aproximada de 180 p/m, menos la edad cronológica en años.

Una propuesta para el entrenamiento de la resistencia se da en la figura 11.4. En las primeras edades se recomienda un entrenamiento aeróbico en la zona de 2-3 mM/l de lactato (aeróbico ligero), para ir introduciendo progresivamente entrenamientos aeróbicos en zonas de mayor intensidad como aeróbico medio (3-4 mM/l- umbral anaeróbico) y aeróbico intenso (4-7 mM/l- Consumo máximo de oxígeno). El entrenamiento anaeróbico se posterga al comienzo de la pubertad.

Figura 11.4. Propuesta para el entrenamiento de la resistencia en relación con la edad. Según Navarro (1993)



BIBLIOGRAFIA CITADA

Alonso, J., Iznaga, A. et al. (1989). El entrenamiento en la altura. II Congreso Nacional de Ciencias Aplicadas a la Cultura Física y el Deporte, Cuba.

Alves, F. (1998). "o desenvolvimento dos factores de desempenho competitivo no joven nadador: meios e métodos de treino." Noticias APTN(1): 8-19.

Alvira, R., Villalba, M.P. et al. (1990). "Análisis de la patología de las alturas, adaptación cardio-respiratoria, su relación con los radicales libres y especies activas del oxígeno. Consideraciones bioquímicas y fisiológicas." Apunts XXVII: 103-125.

Arcelli, E., Franzetti, M. (1997). "La resistenza alla forza: componente centrali e periferiche." SdS/Rivista di Cultura Sportiva XVI(38): 11-18.

Armstrong, R. B., Laughlin, M.H. (1983). "Blood flows within and among rat muscles as a function of time during high speed treadmill exercise." J. Physiol. 344: 189-208.

Astrand, P. O., Rodhal, K. (1977). Textbook of Work Physiology. New York, McGraw Hill.

Badtke, G. (1987). Sportmedizinische Grundlagen der Körpererziehung und des sportlichen Trainings. Leipzig, Sportverlag.

Bangsbo, J., Gollnick, P.D. et al. (1990). "Anaerobic energy production and O₂ deficit-debt relationship during exhaustive exercise in human." J. Physiol. Lond. 42: 539-559.

Barnard, R. J., Peter, J.B. (1971). "Effect of exercise on skeletal muscle, III, Cytocrome changes." Journal of Applied Physiology 31: 904-908.

Beaver, W. L., W. K., et al. (1985). "Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation." *Journal of Applied Physiology* 59(6): 1936-1940.

Beck, H., Mader, A. et al. (1990). Lactate threshold in the guidance of training. A Collection of European Sports Science Translations. Part I. Kidman Park, South Australian Sports Institute: 10-15.

Becker, D. M., Vaccaro, P. (1983). "Anaerobic threshold alterations by endurance training in young children." *Journal of Sports and Physical Fitness* 23(4): 445-449.

Berg, A., Keul, J. (1985). "Biochimica dello sforzo infantile." *Rivista di Cultura Sportiva* (3-4): 71-77.

Billat, V. (1992). "Détermination d'une puissance critique aérobie par l'évolution de la lactatémie en régime continu d'exercice musculaire." *Science et Motricité* (16): 3-11.

Billat, V., Dalmy, F. et al. (1994). "A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise." *European Journal of Applied Physiology* 69(3): 196-202.

Bompa, T. O. (1983). *Theory and methodology of training*. Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt Pb.Co.

Bouchard, C., Taylor, A.W. et al. (1992). Testing anaerobic power and capacity. Physiological testing of the high performance athlete. D. McDougal, H.A. Werger and H. J. Green. Champaign, Illinois, Human Kinetics: 175-223.

Braumann, K. M., Tegtbur, U. et al. (1991). "Die «laktatsenke» - eine methode zur ermittlung der individuellen dauerleistungsgrenze." *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 42(6): 240-246.

Braumann, K. M., Busse, M. et al. (1990). Interpretation of lactate performance curves. A Collection of European Sports Science Translations. Part I. Kidman Park, South Australian Sports Institute: 16-18.

Brooks, G. A. (1985). "Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17(1): 22-31.

Brouns, F., Saris, W.H.M. et al. (1990). The influence of carbohydrates and liquids on the performance capacity in team sports. A Collection of European Sports Science Translations. Part I. Kidman Park, South Australian Sports Institute: 70-74.

Bueno, M. (1997). "Problemas del entrenamiento en altitud." *NSW XIX*(4): 7-17.

Burke, E. (1986). *Science of cycling*. Champaign, Illinois, Human Kinetics Pb.

Cavanagh, P. R., Williams, K.R. (1982). "The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14: 30-35.

Cerani, J. D. (1993). "El entrenamiento de la resistencia en niños y jóvenes." 1993 (3): 27-34.

Cerretelli, P., Ferretti G. (1990). "Muscular Exercise at High Altitude." *Int. J. Sports Med.* 11(Suppl1): 1-34.

Conconi, F., Ferrari, M. et al. (1982). "Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners." *Journal of Applied Physiology* 52(4): 869-873.

Conconi, F. y c. (1982). "Determination of anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners." *J. Appl. Physiol.*(52): 869-873.

Counsilman, B. E., Counsilman J. E. (1991). "The Residual Effects of Training." *Journal of Swimming Research* 7(1): 5-12.

Coward, G. (1997). "Acerca de algunas confusiones suscitadas por el entrenamiento en altitud." *NSW XIX*(1): 4.

Craig, A. B., Pendergast D. R. (1979). "Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 11(3): 278-283.

Curry, I. J. (1975). "Stroke length, stroke frequency and performance." *Swimming Technique* 12(3): 88.

Davies, C. T. M., Thopson M. W. (1979). "Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes." *European Journal of Applied Physiology* 41: 233-245.

Davis, J. A., Vodak, P. et al. (1976). "Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise." *Journal of Applied Physiology* 41: 18-23.

Dichuth, H. H., Aufenanger, W. et al. (1990). "The possibilities and the limitations of the performance diagnostics and training control in middle and long distance running". *European Sports Science Translations*. S. A. S. Institute. Kindman Park, South Australian Sports Institute: 79-82.

Dirix, A., Knutten, H. G. et al., Eds. (1988). *The Olympic Book of Sports Medicine*. Oxford, Blackwell Scientific Publications.

Donath, R., Schüler K. (1979). *Ernährung des Sportlers*. Berlin.

Ekblom, B., Hermansen L. (1968). "Cardiac output in athletes." *Journal of Applied Physiology* 25(5): 619-615.

Eriksson, B. O. (1972). "Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 years old." *Acta Physiologica Scandinavica*(Supl.): 384.

Farrell, P.A., Wilmore, J. H. et al. (1979). "Plasma lactate accumulation and distance running performance." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 11: 338-344.

Ferrero, J. A., Garcia, L. et al. (1989). *Pruebas de esfuerzo*. Valencia, Generalitat Valenciana.

Fohrenbach, R., Mader, A. et al. (1987). "Determinations of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners." *International Journal of Sports Medicine* 8(1): 11-18.

Franz, B., Reiss M. (1992). "L'allenamento negli sport di resistenza (2.parte)." *Rivista di Cultura Sportiva* XI(26): 22-27.

Franz, B., Reiss M. (1992). "L'allenamento negli sport di resistenza (1.parte)." *Rivista di Cultura Sportiva* XI(26): 57.

Fuchs, U., Reiss M. (1990). *Höhentraining*. Munster, DBS.

Galbo, H. (1992). "Exercise physiology: humoral function." *Sport Science Review* 1: 65-93.

García Manso, J.M.; Navarro, M.; Ruiz Caballero, J.A. (1996). "Bases teóricas del entrenamiento deportivo". Madrid. Gymnos.

García Manso, J.M.; Martín Acero, R.; Navarro, M.; Ruiz Caballero, J.A. (1998). "La velocidad". Madrid. Gymnos.

García Manso, J.M.; Navarro, M.; Ruiz Caballero, J.A. (1996). "Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte". Madrid. Gymnos.

García Verdugo, M.; Leibar, X. (1997). "Entrenamiento de la resistencia de los corredores de medio fondo y fondo". Madrid. Gymnos.

Gonzalez Badillo, J., Gorostiaga Ayestarán E. (1995). *Fundamentos del Entrenamiento de la Fuerza*. Barcelona, INDE.

Gorostiaga, E. (1984). *Le rendement du pedlage de jambes sur bicyclette ergometrique: Approche bioenergetique et biomechanique*. U.E.R. de Biologie Humaine. Lyon, Universite Claude Bernard - Lyon 1.

Gorostiaga, E., López Calvet, J. A. (1998). *Evaluación del deportista de alto rendimiento deportivo*. Madrid, COES.

Grosser, M., Brüggemann, P. et al. (1989). *Alto rendimiento deportivo*. Barcelona, Martinez Roca.

Gullstrand, L., Holmer I. (1980). "Fysiologiska tester av landslagssimmare: Anaerob energileverans-mätningen av blodmjölskyra." *Simsport* 3: 15-17.

Haffor, A. A., Harrison, A. C. et al. (1990). "Anaerobic threshold alterations caused by interval training in 11 years old." *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 30(1): 53-56.

Hagan, R. H., Weiss, S.D. et al. (1992). "Effect of pedal rate on cardiorespiratory responses during continuous exercise." *Medicine and Science in Sport and Exercise* 24(3): 378-382.

Hagermann, F. C., Connors, M. C. et al. (1978). "Energy expenditure during simulated rowing." *Journal Applied Physiology*(45): 87-93.

Harre, D. (1987). "Resistencia a la fuerza (Parte I)." *Rivista di Cultura Sportiva* VI(9): 30-35.

Harre, D. (1987). *Teoría del entrenamiento deportivo*. Buenos Aires, Stadium.

Hay, J. (1978). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Englewood Cliffs N.J., Prentice-Hall.

Heck, H., RoBkopf, P. et al. (1991). "Einfluss des vorbelastingslaktats, der pausendauer und des belastungsanstiegs auf die laktat-senke." *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 42(6): 248-262.

Hein, M. S., Kelly, J. M. et al. (1989). "A fixed velocity swimming protocol for determination of individual anaerobic threshold." *Journal of Swimming Research* 5(3): 15-19.

Hirvonen, J. (1991). *Background factors in endurance running*. XVIth E.A.C.A. Congress. Endurance running, Vierumäki, Finland.

Hollmann, W., Hettinger T. (1980). Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Stuttgart.

Howald, H. (1989). "Veränderungen der Muskelfasern durch training." Leistungssport 19(2): 18-24.

Hughson, R. L., Weisinger, K. H. et al. (1987). "Blood lactate concentration increases as a continuous function in progressive exercise." Journal of Applied Physiology 62: 75-81.

Hultman, E. (1971). Muscle glycogen store and prolonged exercise. Frontiers of Fitness. R. J. Shephard. Springfield, Illinois, C.C. Thomas: 30-42.

Jones, N. L., McCartney, N. et al. (1985). "Muscle performance and metabolism in maximal isokinetic cycling at slow and fast speeds." Journal of Applied Physiology 59: 132-136.

Karikosk, O. (1983). "Altitude problems." Athlete and Coach(21): 25-27.

Kavanagh, M. F., Jacobs I. (1988). "Breath-by-breath oxygen consumption during performance of the Wingate test." Canadian Journal of Sports Sciences 113: 91-93.

Kemper, H. C. G. (1983). "Physiological aspects of endurance sport in young people." International Journal of Physical Education 20(4): 22-27.

Keskinen, K. L., Komi, P. V. (1988). "Interaction between aerobic/anaerobic loading and biomechanical performance in freestyle swimming." Swimming Science V. K. W. B.V. Ungerechts, K.Reischle. Champaign, Illinois, Human Kinetics: 285-293.

Keskinen, K. L., Komi, P. V. (1988). The stroking characteristics in four different exercises in freestyle swimming. Biomechanics XI-B. G. d. Groot, A. P. Hollander, P. A. Huijuing and G. J. v. I. Schenau. Amsterdam, Free University Park Press. 7-B: 839-843.

Keskinen, K. L., P. V. Komi (1993). "Stroking Characteristics of front crawl swimming during exercise." Journal of Applied Biomechanics 9: 219-226.

Keul, J., Kindermann, W. et al. (1978). "Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungssport." Leistungssport(1): 22-32.

Keul, J., Simon, G. et al. (1979). "Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung." Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 7: 212-216.

Kiens, B. (1996). "Effect of endurance training on fatty acid metabolism: local adaptations." Medicine and Science in Sports and Exercise 29(5): 640-645.

Kinderman, W. G. (1978). "Entrenamiento de resistencia - determinación de frecuencia cardíaca de entrenamiento óptimo y capacidad de trabajo." Leistungssport(8): 34-39.

Klissouras, V. (1977). Twin studies on functional capacity. Physiological Variations and its Genetics Basics. J. S. Weiner. Londres, Taylor y Francis.

Kobayashi, K. (1978). "Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study." Journal of Applied Physiology 44(5): 666-672.

Köhler, H., cols. (1978). "Ausdauerchulung im Sportunterricht und auBerunterrichtl sport." Körpererziehung(5): 204-211.

Konopka, P. (1988). La alimentación del deportista. Barcelona, Martínez Roca.

Körner, T., Schwanitz, P. (1985). Rudern. Berlin, Sportverlag.

Kutsar, K. (1992). "Desarrollo técnico de la resistencia en niños de 5 a 7 años." Stadium 26(154): 46-47.

Lamb, D. (1978). Fisiología del Ejercicio. Madrid, Pila.

Lavoie, J. M., Leger, L. A. et al. (1985). "A maximal multistage swim test to determine the functional and maximal aerobic power of competitive swimmers." Journal of Swimming Research 1(2): 17-22.

Lehnertz, K., Martin, D. (1990). Problems of the threshold concepts in the framework of training guidance in endurance events. A Collection of European Sports Science Translations. Part I. Kidman Park, South Australian Sports Institute: 23-29.

Levine, B., J. Stray-Gundersen (1992). "Altitude training does not improve running performance more than equivalent training near sea level in trained runners." Medicine and Science in Sports and Exercise 24(5): Suppl. abstract 56.

Lopez Calvet, J. A., Gorostiaga, E. (1998). Evaluación del deportista de alto rendimiento deportivo. Madrid, COES.

M.S., L. (1996). "Juegos acuáticos y recreación en el agua." Comunicaciones Técnicas(4): 49-68.

Macek, M. and Vavra, J. (1980). "Oxygen uptake and heart rate with transition from rest to maximal exercise in prepubertal boys." Children and Exercise IX. B. y. Eriksson. Baltimore, University Park Press: 64-68.

Mader, A., Liesen, H. et al. (1976). "Zur beurteilung der sportartspezifischen ausdauerleistungsfähigkeit im labor." *Sportarzt und Sportmedizin* 4: 80-88.

Maglisho, E. W. (1993). *Swimming Even Faster*. Mountain View, California.

Manno, R. (1991). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Barcelona, Paidotribo.

Mathews, D. K., Fox, E. L. (1976). *The physiological basis of physical education and athletics*. Philadelphia, W.B.Saunders Co.

Mattila, V., Rusko, H. (1996). "Effect of living high and training low on sea level performance in cyclists." *Medicine and Science in Sport and Exercise* 28(5): Suppl. abstract 928.

Matveyev, L. (1990). "L'allenamento e la sua organizzazione." *Rivista di Cultura Física* IX(18): 3-6.

Matveyev, L. (1991). "El entrenamiento y su organización." *Revista de Entrenamiento Deportivo* V(1): 17-23.

Matveyev, L. P. (1965). *Periodización del entrenamiento deportivo*. Moscú, Madrugá.

Matveyev, L. P. (1992). "Modern procedures for the construction of macrocycles." *Modern Athlete and Coach* 30(1): 32-34.

Matveyev, L. P., Giljatsova, V. B. (1992). "Dinámica de la carga de entrenamiento." *Stadium* 26(156): 30-33.

McCartney, N., Spriet, L. L. et al. (1986). "Muscle power and metabolism in maximal intermittent exercise." *Journal of Applied Physiology* 60: 1164-1169.

Medbo, J., Tabata, I. (1989). "Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during shortlasting exhausting bicycle exercise." *Journal Applied Physiology*(67): 1881-1886.

Meléndez, A. (1989). *El entrenamiento de la condición física en función de las etapas evolutivas*. IV Congreso Gallego de Educación Física y Deportes, La Coruña.

Mercier, J., Vago, P. et al. (1987). "Effect of aerobic training quantity on the VO₂ max of circumpubertal swimmers." *International Journal of Sports Medicine* 8(1): 26-30.

Nadori, L. (1985). "Il tempo di costruire." *Rivista di Cultura Sportiva*(5): 6-10.

Navarro, F. (1982). *Tendencias actuales en el entrenamiento de ritmo de prueba*. III Congreso Técnico de la A.N.E.N., Zaragoza.

Navarro, F. (1985). *Planificación del entrenamiento de natación en corto y largo plazo. Sobre el agua*. C. d. Madrid. Madrid, Comunidad de Madrid: 73-82.

Navarro, F. (1987). "La planificación en natación." *NSW* IX(50): 15-26.

Navarro, F. (1990). *Natación*. Madrid, COE.

Navarro, F. (1991). *Control y Evaluación del Entrenamiento en Natación*. I Jornadas sobre Natación, Málaga.

Navarro, F. (1991). *Tendencias actuales en la planificación del entrenamiento deportivo*. Seminario sobre «Tendencias actuales en Ciencias y Metodología del Entrenamiento Deportivo», Lanzarote.

Navarro, F. (1992). *Beneficios alcanzados por los nadadores españoles en campamentos realizados en México*. 2ª Clínica Internacional Iberoamericana de Natación, Cancún (México), F.M.N.

Navarro, F. (1992). *Beneficios alcanzados por los nadadores españoles en campamentos realizados en México*. 2ª Clínica Internacional Iberoamericana de Natación, Cancún, F.M.N.

Navarro, F. (1993). *El entrenamiento con jóvenes*. I Simposium Internacional sobre Educación Física Escolar y Deporte de Alto Rendimiento, Las Palmas, A.C.C.A.F.I.D.E.

Navarro, F. (1993). *Planificación del entrenamiento del alto nivel*. 2º Congreso Internacional de Natación - De la enseñanza al alto rendimiento», Buenos Aires, Fundación Natación y Vida.

Navarro, F. (1994). *El entrenamiento de fuerza del nadador de alta competición*. Primer Clinic Internacional de Entrenadores, Barcelona, International Pro Swimming.

Navarro, F. (1994). *Modelos avanzados de la planificación del entrenamiento*. I Congreso Internacional de Entrenamiento Deportivo de Castilla y León, León, Junta de Castilla y León.

Navarro, F. (1994). *Nuevos sistemas de planificación del entrenamiento*. XVII Congreso Técnico-Científico, Figueira da Foz (Portugal).

Navarro, F. (1994). *Planificación del entrenamiento en altitud*. I Jornadas sobre entrenamiento en altitud, Granada, C.S.D.

Navarro, F. (1994). Principios del entrenamiento y estructuras de la planificación deportiva. Madrid, C.O.E.

Navarro, F. (1995). Entrenamiento en altitud en natación. I Seminario Internacional sobre «El entrenamiento de altitud en natación», Granada, E.N.E.

Navarro, F. (1995). "Una nueva propuesta metodológica para el entrenamiento en deportes cíclicos: un ejemplo en natación." INFOCOESI(0): 3-9.

Navarro, F. (1996). Relación de la concentración de lactato en sangre con los parámetros cinemáticos en nadadores de alto rendimiento. Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

Navarro, F. (1997). Parámetros cinemáticos y concentración de lactato en nadadores de élite. 20º Congreso Científico-Técnico, Setúbal (Portugal), APTN.

Navarro, F. M. (1981). "Sistemas de producción de energía y su relación con los distintos sistemas de entrenamiento y su aplicación." NSW III(16): 5-13.

Navarro Valdivielso, F. (1997). Relación de la concentración de lactato en sangre con los parámetros cinemáticos en nadadores de alto rendimiento. Rendimiento deportivo: Parámetros electromiográficos(EMG), cinemáticos y fisiológicos. M. d. E. y C. C. S. de Deportes. Madrid, Centro Nacional de Investigación y Ciencias del Deporte. 13: 9-54.

Neuhof, J. (1990). "Structure and yearly training building in middle and long distance running." New Athletical Studies 5(2): 69-81.

Neuman, D. (1987). "Sci di fondo e valutazione funzionale." Rivista di Cultura Sportiva VI(7-8): 87-93.

Neuman, G. (1983). "Metabolische regulation bei langzeitausdauerleistungen." Medizin und Sport 23: 169-175.

Neuman, G. (1990). "La struttura della prestazione negli sport di resistenza." Rivista di Cultura Sportiva IX(20): 66-72.

Neuman, G. (1991). "La struttura della prestazione negli sport di resistenza." Rivista di Cultura Sportiva X(21): 1991.

Neuman, G. (1994). "L'adattamento nell'allenamento della resistenza." Sds-Rivista di Cultura Sportiva XIII(30): 59-64.

Neuman, G., Gohlitz, D. (1996). "Trainingssteuerung im leichtathletischen lauf mittels disziplinspezifischer ausdauerstufentests." Leistungsport 1: 63-67.

Nurmekivi, A., Lemberg, H. (1992). "Local muscular endurance in middle distance running." Modern Athlete and Coach 34(4): 9-11.

Nurmekivi, A., Lemberg, H. (1993). "A study to determine the importance of local muscular endurance in middle distance running." Modern Athlete and Coach 31(1): 3-7.

Olbrecht, J., Mader, A. et al. (1990). Measuring, especially the lactate relevance. Information for the training programme and the difference in swimming to other sports. Congreso Técnico-Científico de Natación, Lisboa, APTN.

Olbrecht, J., Mader, A. et al. (1988). The relationship of lactic acid to long-distance swimming and the 2 x 400-m «2-speed test» and the implications for adjusting training intensities. Swimming Science V. W. W. B. Ungerechts, Y K. Reischle. Champaign, Illinois, Human Kinetics: 261-267.

Olbrecht, J., Madsen, O. et al. (1985). "Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercise." International Journal of Sports Medicine 6(2): 74-77.

Ozolín (1983). El entrenamiento en el sistema contemporáneo actual. La Habana, Científico-Técnica.

Pansold, B., Zinner, J. et al. (1996). Test progresivo. Manual de utilización del programa informático Stufen test. Berlín, Centro Olímpico de Berlín.

Paterson, D. H. (1979/1980). "Physiological peculiarities of children." Coaching Science Update: 38-40.

Pelayo, P., Sidney, M. et al. (1995). Variations de la fréquence de nage spontanée en natation. Congrès ACAPS, Guadalupe.

Pelayo, P., Sidney, M. et al. (1994). Spontaneously chosen stroke rate and metabolic variables in swimming. Stroking characteristics and energy cost. VII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, Atlanta.

Platonov, V. N. (1988). El entrenamiento deportivo: Teoría y metodología. Barcelona, Paidotribo.

Platonov, V. N. (1991). La adaptación en el deporte. Barcelona, Paidotribo.