



**LOS MÉTODOS MODERNOS DE
M U S C U L A C I Ó N**

G. COMETTI

4ª EDICIÓN



**EDITORIAL
PAIDOTRIBO**

LOS MÉTODOS MODERNOS DE MUSCULACIÓN

Por

G. Cometti



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

Título original de la obra: Les methodes modernes de musculation
G. Cometti

Traducción y adaptación: Manuel Pombo Fernández

Revisión técnica: Antonio Martínez

© 2000, G. Cometti
Editorial Paidotribo
Consejo de Ciento, 245 bis, 1.º 1.º
08011 Barcelona
Tel. 93 323 33 11– Fax. 93 453 50 33
E-mail: paidotribo@paidotribo.com
<http://www.paidotribo.com>

Segunda edición:
ISBN: 84-8019-389-1
Fotocomposición: Editor Service, S.L.
Diagonal, 299 – 08013 Barcelona
Impreso en España por A & M Gràfic

ÍNDICE de la 1.ª PARTE

Capítulo 1. Introducción, 19

• LA FUERZA COMO CUALIDAD FÍSICA FUNDAMENTAL	19
• <i>Las clasificaciones</i>	19
• <i>Nueva propuesta</i>	20
– ¿Qué es la estructura?	20
– El músculo es el elemento central de la estructura	20
– La relación energía-estructura en el eje del tiempo	20
– La amplitud	20
– Los niveles de análisis	21
– Conclusión	21
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LAS CUALIDADES FÍSICAS	21

Capítulo 2. Resumen de los mecanismos de fuerza, 23

• LOS FACTORES ESTRUCTURALES	24
– <i>La hipertrofia</i>	24
– Bases fisiológicas	24
– Consecuencias prácticas	24
– <i>Las fibras musculares</i>	24
– Bases fisiológicas	24
– Consecuencias prácticas	25
– <i>El aumento de los sarcómeros en serie</i>	25
– Bases fundamentales	25
– Consecuencias prácticas	25
• LOS FACTORES NERVIOSOS	25
– <i>El reclutamiento de las fibras</i>	25
– Bases fisiológicas	25
– Consecuencias prácticas	25
– <i>La sincronización de las unidades motoras</i>	26
– Bases fisiológicas	26
– Consecuencias prácticas	26
– <i>La coordinación intermuscular</i>	26
– Bases fisiológicas	26
– Consecuencias prácticas	26
• LA IMPORTANCIA DEL ESTIRAMIENTO	26
– <i>El reflejo miotático</i>	26
– Bases fisiológicas	26
– Consecuencias prácticas	27

– <i>La elasticidad muscular</i>	27
– Bases fisiológicas	27
– Consecuencias prácticas	27
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA MUSCULACIÓN	28

Capítulo 3. Los mecanismos de la fuerza, 29

• LOS FACTORES ESTRUCTURALES	29
– <i>La hipertrofia</i>	29
– Fuerza muscular y sección transversal	29
– Las causas de la hipertrofia	29
– El aumento del tamaño y del número de las miofibrillas	30
– El aumento del tejido conjuntivo	31
– El aumento de la vascularización	32
– Hipertrofia y fibras musculares	33
– El aumento del tamaño de las fibras	33
– El aumento del número de fibras	34
– Resumen de las causas de la hipertrofia	35
– La explicación de la hipertrofia	35
– La explicación fundamental	36
– El fenómeno de sobrecompensación	36
– Modificaciones bioquímicas provocadas por ejercicios de fuerza que entrenan la hipertrofia muscular	37
– Adaptaciones enzimáticas	37
– Modificaciones de los sustratos	37
– Respuesta hormonal a los ejercicios de fuerza que buscan la hipertrofia	37
– Resumen de las adaptaciones bioquímicas	38
– Otras modificaciones morfológicas	38
– Modificaciones metabólicas a corto plazo	38
– Hipertrofia y fenómenos nerviosos	40
– Fuerza e hipertrofia máxima	40
– Consecuencias prácticas	40
– Experiencia de Schmidtbleicher	40
– El método de desarrollo de la hipertrofia	41
– <i>Bibliografía sobre la hipertrofia</i>	42
– <i>Las fibras musculares</i>	43
– Tipología de las fibras	43
– La miosina	43
– La estructura interna de la miosina	44
– La molécula de miosina	44
– Las diferencias entre las fibras	44
– Las características de las fibras	45
– Fibras musculares y entrenamiento	46
– Las experiencias de inervación cruzada	46
– Las experiencias de estimulación eléctrica	46
– La influencia del entrenamiento de la fuerza	47
– Consecuencias prácticas	48
– El reclutamiento de las fibras	49
– Bases teóricas	49
– Consecuencias prácticas	49
– Fibras musculares y rendimiento	49
– Curva velocidad-fuerza y porcentaje de fibras rápidas	49
– Curva fuerza-velocidad y especialidad	49

– Fibras rápidas y fuerza explosiva	49
– Tipos de fibras y especialidades	50
– La diferenciación de las fibras en los primeros años de vida	51
– El reparto de las fibras en función de los músculos	51
– Resumen sobre las fibras	51
– Consecuencias prácticas sobre las fibras musculares	52
– <i>Bibliografía sobre las fibras musculares</i>	52
– <i>Los sarcómeros</i>	53
– El aumento de los sarcómeros en serie	53
– Sarcómeros en serie y sarcómeros en paralelo	54
– Consecuencias prácticas	54
– <i>Bibliografía sobre los sarcómeros</i>	54
• LOS FACTORES NERVIOSOS	55
– <i>La prueba de su intervención</i>	55
– El rápido desarrollo de la fuerza al inicio del entrenamiento	55
– El aumento de la contracción voluntaria y no de la contracción involuntaria	55
– El aumento de la fuerza voluntaria sin hipertrofia	55
– La relación MVC/CSA	55
– El efecto del entrenamiento cruzado	56
– La especificidad de los efectos del entrenamiento	56
– Cambios electromiográficos debidos al entrenamiento	57
– Influencia de la hipnosis y de los estímulos sensoriales sobre la MVC	58
– <i>Naturaleza de los mecanismos nerviosos</i>	58
– <i>El reclutamiento de las unidades motoras</i>	59
– Las unidades motoras	59
– El reclutamiento espacial	59
– Principio general	59
– Los casos particulares de reclutamiento	59
– Las dos formas de reclutamiento espacial	60
– Resumen sobre el reclutamiento espacial	61
– Consecuencias prácticas del reclutamiento espacial	61
– El reclutamiento temporal	61
– Principio general	61
– Los tipos de frecuencias	62
– Consecuencias prácticas acerca de la frecuencias de los impulsos	62
– Reclutamiento y frecuencia	63
– <i>La sincronización de las unidades motoras</i>	64
– La prueba de su existencia	64
– El papel de la sincronización en el desarrollo de la fuerza	64
– La explicación de la sincronización	65
– Paillard (1976)	65
– El circuito de Renshaw	65
– Resumen de la sincronización	66
– Sincronización y reclutamiento	66
– Consecuencias prácticas	67
– Sincronización y otros mecanismos	67
– <i>La coordinación intermuscular</i>	67
– Experiencias que comparan contracción unilateral y bilateral	67
– La co-contracción de los antagonistas	68
– El estudio electromiográfico	68
– Conclusión sobre la coordinación intermuscular	71
– <i>Resumen sobre los factores nerviosos</i>	71
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS FACTORES NERVIOSOS	72

• LOS FACTORES QUE DEPENDEN DEL ESTIRAMIENTO MUSCULAR	74
– <i>Introducción</i>	74
– <i>Ilustraciones del comportamiento elástico del músculo</i>	74
– <i>El aumento de la potencia mecánica</i>	74
– <i>La reducción de la actividad eléctrica de los músculos</i>	74
– <i>Los factores que intervienen durante el estiramiento</i>	74
– <i>La intervención del reflejo miotático</i>	74
– <i>Descripción</i>	74
– <i>Reflejo miotático y movimientos deportivos</i>	74
– <i>Reflejo miotático y entrenamiento</i>	75
– <i>La elasticidad muscular</i>	76
– <i>El componente elástico en paralelo</i>	76
– <i>El componente elástico en serie</i>	76
– <i>La noción de complianza</i>	77
– <i>El tiempo de acoplamiento</i>	77
– <i>Reflejo miotático y elasticidad</i>	78
– <i>Resumen sobre el estiramiento muscular</i>	78
– <i>Consecuencias prácticas</i>	78
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ESTIRAMIENTO MUSCULAR	79

Capítulo 4. Los métodos de desarrollo de la fuerza, 81

• EL MÉTODO DE LOS ESFUERZOS MÁXIMOS	81
– <i>Descripción</i>	81
– <i>Ventajas</i>	81
– <i>Inconvenientes</i>	81
– <i>Datos científicos</i>	82
• EL MÉTODO POR REPETICIONES	82
– <i>Descripción</i>	82
– <i>Ventajas</i>	82
– <i>Inconvenientes</i>	82
– <i>Datos científicos</i>	82
– <i>Número de series y repeticiones</i>	82
– <i>Número de sesiones por semana</i>	82
• EL MÉTODO DINÁMICO	83
– <i>Descripción</i>	83
– <i>Ventajas</i>	83
– <i>Inconvenientes</i>	83
– <i>Datos científicos</i>	83
• EL MÉTODO DE LA PIRÁMIDE	84
– <i>Descripción</i>	84
– <i>Datos fisiológicos</i>	84
• CONCLUSIÓN SOBRE LOS MÉTODOS	85
• RESUMEN	86
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS DE MUSCULACIÓN	86

Capítulo 5. Los tipos de contracción, 87

• DESCRIPCIÓN	87
– <i>El entrenamiento isométrico</i>	87

– <i>Los entrenamientos anisométricos</i>	87
– El entrenamiento concéntrico	87
– El entrenamiento excéntrico	87
– El entrenamiento pliométrico	87
– <i>La electroestimulación</i>	88
• EL INTERÉS DE LAS CONTRACCIONES	88
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS RÉGIMENES DE CONTRACCIÓN	89
• EL ENTRENAMIENTO CONCÉNTRICO	89
– <i>Historia</i>	89
– <i>Datos experimentales</i>	89
– <i>Experimentación animal</i>	89
– <i>Bases fisiológicas</i>	90
– La electromiografía	90
– <i>La recuperación</i>	91
– <i>Los métodos</i>	91
– Los métodos clásicos americanos	91
– Las superseries	91
– Las series “ardientes”	92
– Las series “forzadas”	92
– Las series “superfondos”	92
– Las series “con trampas”	92
– El sistema Bulk	92
– El método de la doble progresión	92
– Comparaciones	92
– El método de los contrastes	92
– El método de la carga descendente	93
– El método de la pirámide en la serie	93
– La pre y la postfatiga	93
– El método voluntario	94
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL RÉGIMEN CONCÉNTRICO	94
• EL ENTRENAMIENTO ISOMÉTRICO	94
– <i>Historia</i>	94
– <i>La fuerza desarrollada</i>	94
– <i>Datos experimentales</i>	94
– El entrenamiento isométrico	94
– El entrenamiento isométrico y el entrenamiento concéntrico	95
– La especificidad de la posición	95
– <i>Particularidades del entrenamiento isométrico</i>	95
– La masa muscular	95
– La recuperación	96
– La actividad eléctrica (EMG)	96
– <i>Las dos formas de contracción isométrica</i>	96
– La contracción isométrica máxima	96
– La contracción isométrica hasta la fatiga	96
– <i>Aspectos prácticos de los ejercicios isométricos</i>	97
– <i>Resumen sobre la isometría</i>	97
– Ventajas	97
– Inconvenientes	97
– <i>Principales métodos isométricos</i>	97
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL RÉGIMEN ISOMÉTRICO	98

• EL ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO	99
– <i>Historia</i>	99
– <i>La fuerza desarrollada</i>	99
– <i>Datos experimentales</i>	99
– Programas isométricos y excéntricos	100
– Programas excéntricos y concéntricos	100
– <i>Particularidades del entrenamiento excéntrico</i>	100
– La masa muscular	100
– La recuperación	100
– Las agujetas	100
– Las alteraciones musculares	100
– La regeneración	101
– <i>La actividad eléctrica</i>	102
– <i>Los métodos excéntricos</i>	103
– <i>Resumen de la contracción excéntrica</i>	103
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL RÉGIMEN EXCÉNTRICO	104
• EL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO	105
– <i>Historia</i>	105
– <i>Datos experimentales</i>	105
– Primer estudio de Bosco (1979)	105
– Segundo estudio de Bosco (1982)	106
– Experiencias con sobrecarga	106
– Relación fuerza-velocidad	106
– <i>Registros electromiográficos</i>	107
– Tests	107
– Influencia del entrenamiento	108
– <i>La recuperación</i>	108
– <i>Resumen sobre el régimen pliométrico</i>	108
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL RÉGIMEN PLIOMÉTRICO	109
• LA ELECTROESTIMULACIÓN	109
– <i>Preámbulo</i>	109
– <i>Bases elementales de la electroestimulación muscular</i>	110
– Bases físicas	111
– Corriente alterna sinusoidal	111
– Corriente de impulsos alternos simétricos	112
– Bases fisiológicas	112
– Bases prácticas	115
– Electroodos	115
– Tipo de estimulación	115
– Electroestimulación y dolor	116
– Precauciones elementales	116
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LAS BASES ELEMENTALES DE LA ELECTROESTIMULACIÓN	116
– <i>La electroestimulación: Historia</i>	117
– Kotz (URSS)	117
– Anzil, Modotto, Zanon	118
– Portmann (Canadá)	118
– Bases generales	118
– Experimentos de Portmann	118
– Wit, R.; Kopanskik, S.; Klepacki y Jaszczuk (Polonia)	119
– Moreno-Aranda y Seireg	119
– <i>Trabajos UFR STAPS Dijon</i>	120
– Trabajos con las corrientes de Kotz	120

– Estudio n.º 1	120
– Estudio n.º 2	122
– Estudio n.º 3	124
– Estudio n.º 4	125
– Estudio n.º 5	126
– Estudio efectuado con las corrientes de impulsos.....	128
– Las corrientes	128
– Material	128
– Precauciones a tomar	129
– La electroestimulación en el entrenamiento del sprint	130
– La electroestimulación en el entrenamiento de los saltadores	133
– La electroestimulación con las corrientes de impulsos y la elasticidad	133
– La electroestimulación y los músculos de la parte superior del cuerpo	134
– La electroestimulación de los músculos abdominales	135
– <i>Conclusiones sobre la electroestimulación</i>	135
– Parámetros.....	135
– Bases fisiológicas de la contracción por electroestimulación.....	136
– La estimulación	136
– El reclutamiento de fibras.....	136
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA ELECTROESTIMULACIÓN	136
• ALTERNANCIA DE LOS TIPOS DE CONTRACCIÓN	141
– <i>Datos experimentales</i>	141
– Hakkinen y Komi (1981).....	141
– Vittassalo (1981)	142
– Pletnev (1975).....	143
– <i>Datos prácticos</i>	143
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA ALTERNANCIA DE LOS REGÍMENES	144

ÍNDICE DE LA 2.ª PARTE

Capítulo 1. Métodos de desarrollo de la masa muscular, 147

• INTRODUCCIÓN	147
• EL 10 POR 10.....	147
• EL PRINCIPIO DE OTROS MÉTODOS	148
• LOS MÉTODOS POST-FATIGA	148
– <i>La post-fatiga clásica</i>	149
– <i>La post-fatiga con cambio de tipo de contracción</i>	149
– Con el mismo movimiento	149
– Con un movimiento más analítico	149
– <i>Las superseries</i>	150
– <i>Las superseries “antagonistas”</i>	150
– <i>Las superseries “agonistas”</i>	150
– <i>Las series “quemadoras”</i>	150
– <i>Las series “forzadas”</i>	150
• LOS MÉTODOS PRE-FATIGA.....	150
• LA PRE Y LA POST-FATIGA.....	151
– <i>Las triserias con dos ejercicios</i>	151
– <i>Las triserias con tres ejercicios</i>	151
– <i>Las triserias descendentes</i>	151
• LOS MÉTODOS QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DE EJECUCIÓN.....	152
– <i>Las series trucadas</i>	152
– <i>La utilización de máquinas (robots)</i>	152
– <i>Las máquinas isocinéticas</i>	152
– <i>La electroestimulación</i>	152
– <i>La sesión</i>	152
– <i>El ciclo trabajo-descanso</i>	153
– <i>Las corrientes</i>	153
– <i>La semana</i>	153
– <i>El ciclo</i>	153
• RESUMEN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS ORIENTADOS HACIA LA MASA MUSCULAR	153
• LA PLANIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS.....	154
– <i>La sesión</i>	154
– <i>La sesión del miembro superior</i>	154
– <i>La sesión del miembro inferior y del tronco</i>	154
– <i>La semana</i>	156
– <i>El ciclo</i>	156
– <i>El año</i>	156
– <i>La alternancia de métodos en el año para el culturista</i>	157
– <i>Los métodos en el año</i>	157
– <i>La preparación de las competiciones</i>	157

– El desarrollo de la masa para otras disciplinas	157
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS DE DESARROLLO DE LA MASA MUSCULAR	158

Capítulo 2. Los métodos concéntricos, 159

• INTRODUCCIÓN	159
• LA LÓGICA DE ZATSIORSKI	159
• EL PRINCIPIO DEL CONTRASTE DE LAS CARGAS O MÉTODO BÚLGARO	159
– <i>El método búlgaro clásico</i>	159
– <i>Las variantes del método búlgaro</i>	160
– <i>Las extensiones del método búlgaro</i>	160
– Con los métodos de Zatsiorski	160
– Los contrastes acentuados (con ejercicios sin cargas)	161
– <i>El principio del contraste en la serie o “método búlgaro en la serie”</i>	162
– Las variantes del “búlgaro en la serie”	162
– Cargas máximas-cargas ligeras	162
– Cargas medias-cargas y ligeras	162
– Los contrastes acentuados (con ejercicios sin cargas)	163
– <i>El método búlgaro y el tren superior</i>	164
– El búlgaro clásico	164
– Con press-banca	164
– Con pull-overs	164
– El búlgaro en la serie	165
– Con press-banca	165
– Con pull-overs	165
– <i>Resumen de los métodos por contraste (búlgaro)</i>	166
• EL PRINCIPIO DE LA CARGA DESCENDENTE	167
– <i>La carga descendente en la sesión</i>	167
– <i>La pirámide descendente</i>	167
– <i>La carga descendente con repeticiones fijas</i>	167
– <i>La carga descendente en la sesión</i>	167
• EL PRINCIPIO DE LA CARGA ASCENDENTE	168
• LA PRE-FATIGA	168
• MÉTODO VOLUNTARIO (O CONCÉNTRICO PURO)	168
• LOS EJERCICIOS CONCÉNTRICOS “NATURALES”	169
• RESUMEN DE LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS	170
• PLANIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS	171
– <i>Efecto inmediato, efecto retardado, efecto acumulado</i>	171
– El efecto inmediato	171
– La recuperación	171
– El ciclo	171
– El efecto retardado	171
– El efecto acumulado	172
– <i>La planificación de los métodos concéntricos en el año</i>	172
• LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS Y EL NIVEL DEL ATLETA	173
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS	173

Capítulo 3. Los métodos isométricos, 175

• INTRODUCCIÓN	175
• LAS PARTICULARIDADES DEL ENTRENAMIENTO ISOMÉTRICO	175
– <i>Las diferentes modalidades</i>	175
– La isometría sin carga	175
– Ejercicios para las piernas (rodilla)	175

– Ejercicios para las piernas (tobillo)	176
– Ejercicios para los brazos (flexiones en el suelo)	176
– Ejercicios para los brazos (flexiones en barra)	176
– La isometría sin carga combinada con el trabajo concéntrico	176
– La isometría con cargas	177
– La isometría máxima	177
– La isometría hasta la fatiga total	178
– El entrenamiento estático-dinámico	178
– El entrenamiento estático-dinámico en 1 tiempo	179
– El entrenamiento estático-dinámico en 2 tiempos	179
– El entrenamiento estático-dinámico específico	179
– El entrenamiento estático-dinámico acentuado	179
• LA LÓGICA DE LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS APLICADOS AL TRABAJO ISOMÉTRICO	180
– <i>Los métodos de Zatsiorski</i>	180
– <i>Los contrastes (o método búlgaro)</i>	180
– Contraste carga-sin carga	180
– Introducción al entrenamiento estático-dinámico	181
– <i>La carga descendente</i>	181
– La carga descendente “isometría máxima y después total”	181
– La carga descendente “isometría máxima y después estático-dinámico”	182
– La carga descendente “isometría total y después estático-dinámico”	183
– <i>La pre-fatiga</i>	183
• RESUMEN DE LOS MÉTODOS ISOMÉTRICOS	183
• PLANIFICACIÓN DE LOS EJERCICIOS ISOMÉTRICOS	185
– <i>Efecto inmediato, efecto retardado, efectos acumulados</i>	185
– El efecto inmediato	185
– Efecto inmediato de la isometría máxima	185
– Efecto inmediato de la isometría total	185
– Efecto inmediato del entrenamiento estático-dinámico	185
– El efecto retardado	185
– Efecto retardado de los ciclos de isometría máxima	185
– Efecto retardado de los ciclos de isometría total	186
– Efecto retardado de los ciclos de isometría estático-dinámico	186
– Los efectos acumulados	186
– <i>Planificación de los métodos isométricos durante el año</i>	186
• LOS MÉTODOS ISOMÉTRICOS Y EL NIVEL DEL ATLETA	187
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS ISOMÉTRICOS	187

Capítulo 4. Los métodos excéntricos, 189

• INTRODUCCIÓN	189
• LAS PARTICULARIDADES DEL ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO	189
– <i>Las diferentes modalidades</i>	189
– El trabajo excéntrico sin cargas	189
– Ejercicios para las piernas (rodilla)	189
– Ejercicios para las piernas (tobillo)	190
– Ejercicios para los brazos (flexiones en el suelo)	190
– Ejercicios para los brazos (extensiones)	190
– El trabajo excéntrico con máquinas	191
– Los robots	191
– Los pórticos	191
– La bicicleta excéntrica	191
– Los métodos excéntricos naturales	192

– El excéntrico sin carga combinado con el concéntrico	192
– El trabajo excéntrico con cargas	192
– Para las piernas	192
– Para los brazos	193
• EL PRINCIPIO DEL CONTRASTE APLICADO AL EXCÉNTRICO	193
– <i>El contraste carga-sin carga</i>	193
– <i>El contraste excéntrico pesado-concéntrico ligero</i>	194
• LA CARGA DESCENDENTE	195
• EL MÉTODO ISOMÉTRICO-EXCÉNTRICO	196
– <i>El método “isometría total-excéntrico”</i>	196
– <i>El método “estático-dinámico excéntrico”</i>	196
• EL 120-80	196
• LA PRE-FATIGA	197
• RESUMEN DE LOS MÉTODOS EXCÉNTRICOS	198
• PLANIFICACIÓN DE LOS EJERCICIOS EXCÉNTRICOS	198
– <i>Efecto inmediato, efecto retardado, efectos acumulados</i>	198
– El efecto inmediato	198
– El efecto retardado	199
– De una sesión	199
– De un ciclo	199
– Los efectos acumulados	199
– <i>Planificación de los métodos excéntricos durante el año</i>	200
• LOS MÉTODOS EXCÉNTRICOS Y EL NIVEL DEL ATLETA	200
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS EXCÉNTRICOS	200

Capítulo 5. Los métodos pliométricos, 201

• INTRODUCCIÓN	201
• LAS PARTICULARIDADES DE LA PLIOMETRÍA	201
– <i>Ejercicios pliométricos sin carga para los miembros inferiores</i>	201
– <i>Ejercicios sin carga para los brazos</i>	202
– <i>Variaciones en la colocación</i>	203
– <i>Variaciones en el desplazamiento</i>	204
– <i>Variaciones en la tensión</i>	204
– <i>Ejercicios con cargas</i>	204
– Pliometría con cargas para las piernas	204
– Pliometría con cargas para los brazos	205
• EL MÉTODO DE LOS CONTRASTES APLICADO A LA PLIOMETRÍA	205
– <i>El método de los contrastes aplicado a los ejercicios de piernas</i>	205
– <i>Contraste “con cargas-sin carga”</i>	205
– <i>Contraste concéntrico-pliedométrico</i>	206
– <i>El método de los contrastes aplicado a los ejercicios de brazos</i>	206
• LA PREFATIGA EN PLIOMETRÍA	207
• RESUMEN DE LOS MÉTODOS PLIOMÉTRICOS	208
• PLANIFICACIÓN DE LOS EJERCICIOS PLIOMÉTRICOS	208
– <i>Efecto inmediato, efecto retardado, efectos acumulados</i>	208
– El efecto inmediato	208
– El efecto retardado	209
– Los efectos acumulados de la pliometría	209
– <i>Planificación de los métodos durante el año</i>	210
• LOS MÉTODOS PLIOMÉTRICOS Y EL NIVEL DEL ATLETA	210
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS PLIOMÉTRICOS	211

Capítulo 6. La mejora de la fuerza por electroestimulación, 213

• INTRODUCCIÓN	213
• PARTICULARIDADES DEL TRABAJO POR ELECTROMIOESTIMULACIÓN	213
– <i>Condicionales de trabajo</i>	213
– La resistencia	213
– Posición del músculo estimulado	213
– Posición de los electrodos	214
– Duración de las contracciones	214
– Duración de los tiempos de descanso	215
– <i>Corrientes utilizadas</i>	215
– Forma de los impulsos	215
– Duración de los impulsos	215
– Frecuencia de los impulsos	215
• ELECTROESTIMULACIÓN Y OTRAS FORMAS DE CONTRACCIÓN	215
• PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE ELECTROESTIMULACIÓN	217
– <i>La sesión</i>	217
– Duración de las estimulaciones	217
– Número de músculos estimulados	217
– <i>La semana</i>	217
– <i>El ciclo</i>	217
– <i>Encadenamiento de los ciclos</i>	218
• EFECTO INMEDIATO, EFECTO RETARDADO	218
– <i>El efecto inmediato</i>	218
– <i>El efecto retardado</i>	218
• LA ELECTROESTIMULACIÓN EN EL AÑO	218
• LA ELECTROESTIMULACIÓN Y EL NIVEL DEL ATLETA	219
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ENTRENAMIENTO POR LA ELECTROESTIMULACIÓN	219

Capítulo 7. Los métodos combinados, 221

• INTRODUCCIÓN	221
• LAS DIFERENTES COMBINACIONES	221
– <i>Los métodos agrupados por dos</i>	221
– Agrupamiento de 2 elementos	222
– Agrupamientos de 3 elementos	223
– Agrupamientos de 4 elementos	223
– <i>Los métodos agrupados por 3</i>	224
– <i>Los métodos agrupados por 4</i>	225
• LA PLANIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS COMBINADOS	226
– <i>Los métodos combinados por 2</i>	226
– El efecto inmediato	226
– El efecto retardado	226
– <i>Los métodos combinados por 3 y por 4</i>	226
– <i>Los métodos combinados en el año</i>	226
• LOS MÉTODOS COMBINADOS Y EL NIVEL DEL ATLETA	227
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS COMBINADOS	227

Capítulo 8. La planificación de ejercicios de fuerza, 229

• INTRODUCCIÓN	229
• LA SESIÓN	229

– <i>Los ejercicios</i>	229
– Los principios	229
– La selección de ejercicios	229
– Los ejercicios específicos	229
– Los ejercicios multiformes	230
– Los ejercicios generales	231
– <i>Los diferentes tipos de sesiones</i>	232
– La sesión de fuerza máxima	232
– La sesión de fuerza específica	232
– El caso de la fuerza explosiva	233
– El caso de la fuerza repetitiva	233
• EL CICLO	234
– <i>La semana</i>	235
– <i>El ciclo</i>	235
• EL BLOQUE	235
• EL PERÍODO	237
• EL AÑO	237
– <i>La planificación de las modalidades de contracción</i>	237
– Los principios simples de la planificación	238
– La evolución del volumen y de la intensidad del trabajo	238
– La programación de las cargas	238
– Los diferentes tipos de contracción	239
– Síntesis de todos los métodos	240
– Los efectos acumulados	240
– Inventarios de los métodos en función de los ciclos	240
– Los períodos de competición	240
• BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA PLANIFICACIÓN	241

Capítulo 9. Ejemplos, 243

• INTRODUCCIÓN	243
• MUSCULACIÓN DE LOS MÚSCULOS ABDOMINALES	243
– <i>Principios básicos</i>	243
– <i>Abdominales y tipos de contracción</i>	244
– <i>Propuesta de sesión</i>	244
– Encadenamiento donde los abdominales son motores	245
– Otros ejercicios	245
– <i>El trabajo de los lumbares</i>	245
• ATLETISMO	246
– <i>El lanzamiento de jabalina</i>	246
– Sesiones	246
– La semana	246
– <i>El esprinter</i>	256
• ESCALADA	259
– <i>Sesiones</i>	259
– <i>La semana</i>	259
• JUDO	264
• NATACIÓN	270
– <i>Sesiones</i>	270
– <i>Las semanas</i>	271
• FÚTBOL	278
• VOLEIBOL	281

1

P A R T E

BASES
TEÓRICAS

Introducción

LA FUERZA COMO CUALIDAD FÍSICA FUNDAMENTAL

LAS CLASIFICACIONES

Existen numerosas clasificaciones de las cualidades. Su principio general consiste siempre en oponer las diferentes categorías. Letzelter opone: cualidades condicionales a la coordinación. Distingue igualmente: la fuerza, la velocidad, la flexibilidad y la resistencia (fig. 1).

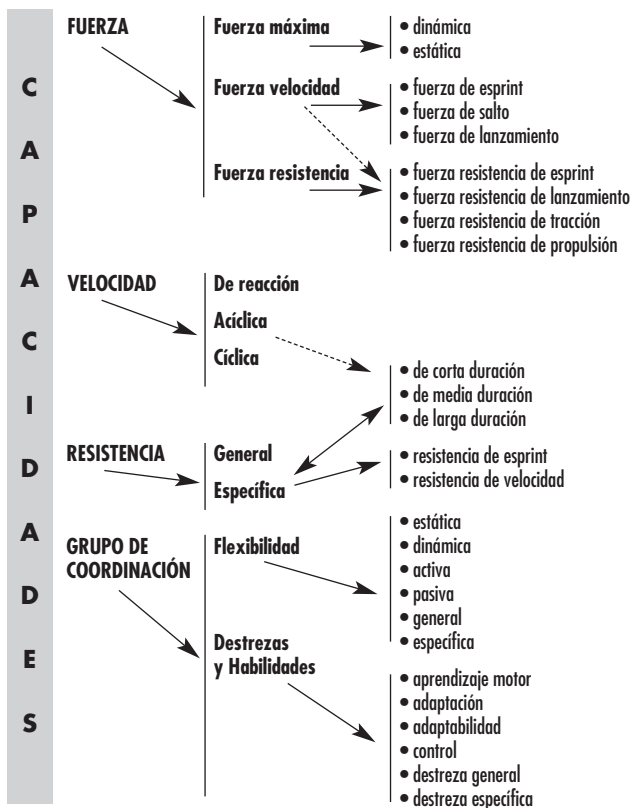


Figura 1. Clasificación según Letzelter.

Los límites de este tipo de representación aparecen en el corte neto que existe entre las diferentes cualidades. Se las entiende como inconciliables.

Tschiene (1986) (fig.2) encuentra una diferenciación menos neta. Si la oposición coordinación-cualidades físicas está siempre presente, las otras cualidades están relacionadas entre sí por relaciones más complejas. Es el caso por ejemplo de la velocidad.

El esquema propuesto por Gundlach nos parece preferible (fig. 3). Se trata de poner las relaciones entre los diferentes pará-

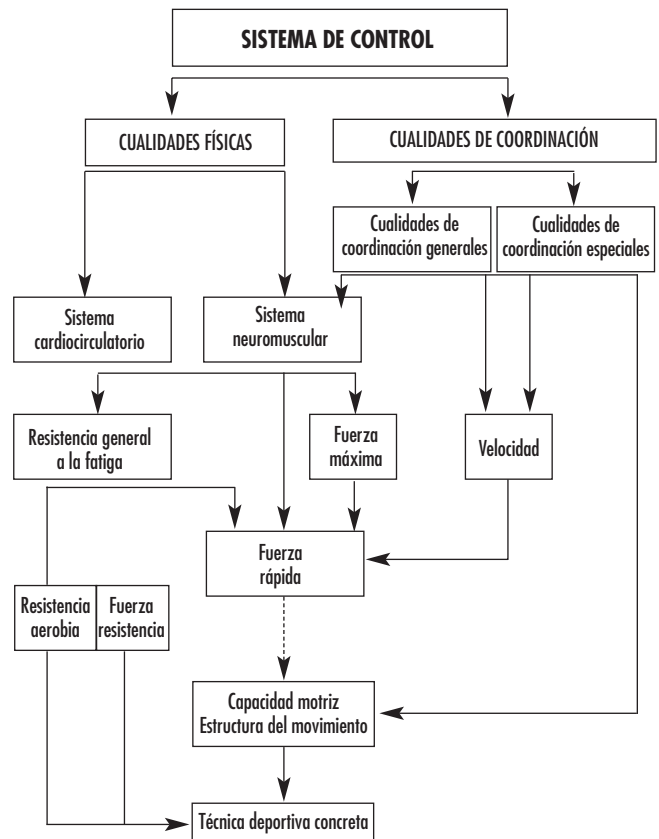


Figura 2. Clasificación según Tschiene.

metros en primer lugar y de verlas evolucionar. Distingue tres ejes: la velocidad, la fuerza y el tiempo. Esto permite situar las disciplinas deportivas en función de sus exigencias en relación a esos tres ejes.

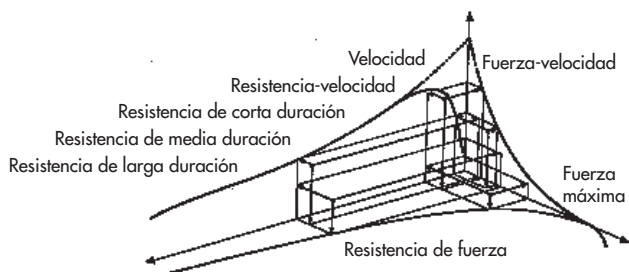


Figura 3. Las capacidades físicas según Gundlach.

NUEVA PROPUESTA

Inspirados en la idea de Gundlach vamos a proponer una representación más "funcional" de las cualidades físicas.

Partimos de una afirmación hoy común de las ciencias (humanas y biológicas): el individuo tiene una estructura que pone en juego y moviliza la energía. Energía-estructura es la relación central alrededor de la cual se equilibran las diferentes cualidades (fig. 4).



Figura 4

¿Qué es la estructura?

Está constituida por el cuerpo humano, es decir, por las palancas, las articulaciones y los músculos.

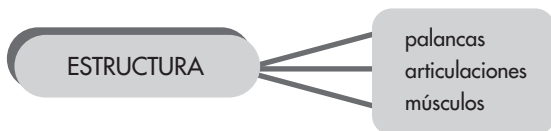


Figura 5

En esta estructura, sólo los músculos constituyen los elementos sobre los cuales puede actuar directamente el entrenamiento.

El músculo es el elemento central de la estructura

Entonces el músculo cuando funciona produce la fuerza, puede decirse que la fuerza es el centro de nuestro paso sobre las cualidades físicas (fig. 6).

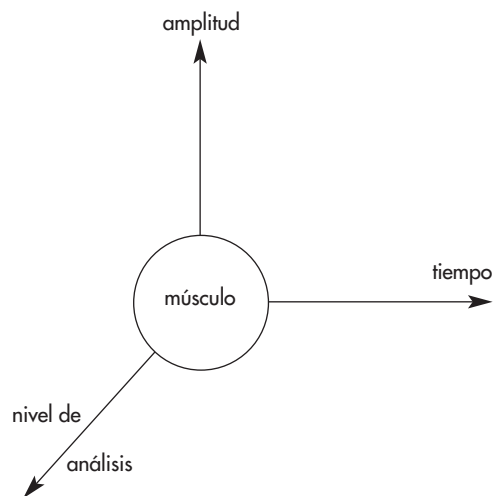


Figura 6. El músculo elemento central de la estructura.

Vamos a distinguir tres ejes:

- El tiempo de funcionamiento del músculo.
- La amplitud sobre la cual el músculo se fuerza.
- El nivel de análisis del funcionamiento muscular.

La relación energía-estructura en el eje del tiempo

Este eje temporal es el que determina las relaciones entre el músculo y la energía (fig. 7). En efecto, la fuente de energía depende, como en el salto, de la duración del esfuerzo. La figura 7 ilustra esta interrelación.

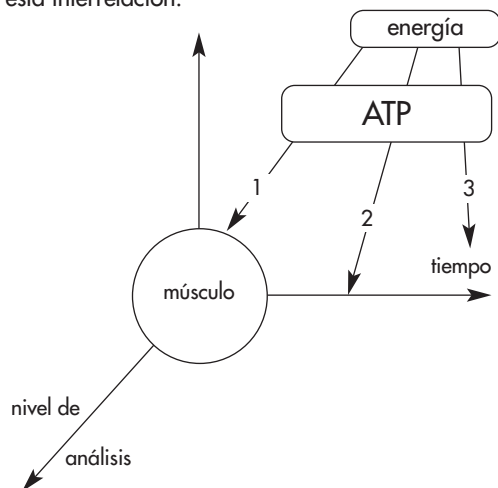


Figura 7. La relación energía-estructura.

La amplitud

La fuerza producida por el músculo depende de su estiramiento. Conviene tener en cuenta esto para explicar el funcionamiento muscular, porque introducimos este parámetro sobre un eje vertical.

Los niveles de análisis

Se trata de introducir la coordinación. Cuando se examina el músculo se puede hacer a nivel intra o intermuscular.

Ejemplos:

- El nivel más simple es el sarcómero: se sabe que el funcionamiento del sarcómero depende de la coordinación de los puentes de actina y miosina.
- El buen funcionamiento del músculo depende de la sincronización de sus unidades motoras y de su coordinación.
- Un movimiento demanda siempre la participación de varios músculos que deben estar coordinados.

La coordinación es por consiguiente el corazón del funcionamiento muscular. No es entonces viable oponer fuerza y coordinación, la coordinación no es más que el funcionamiento de la estructura (fig. 8).

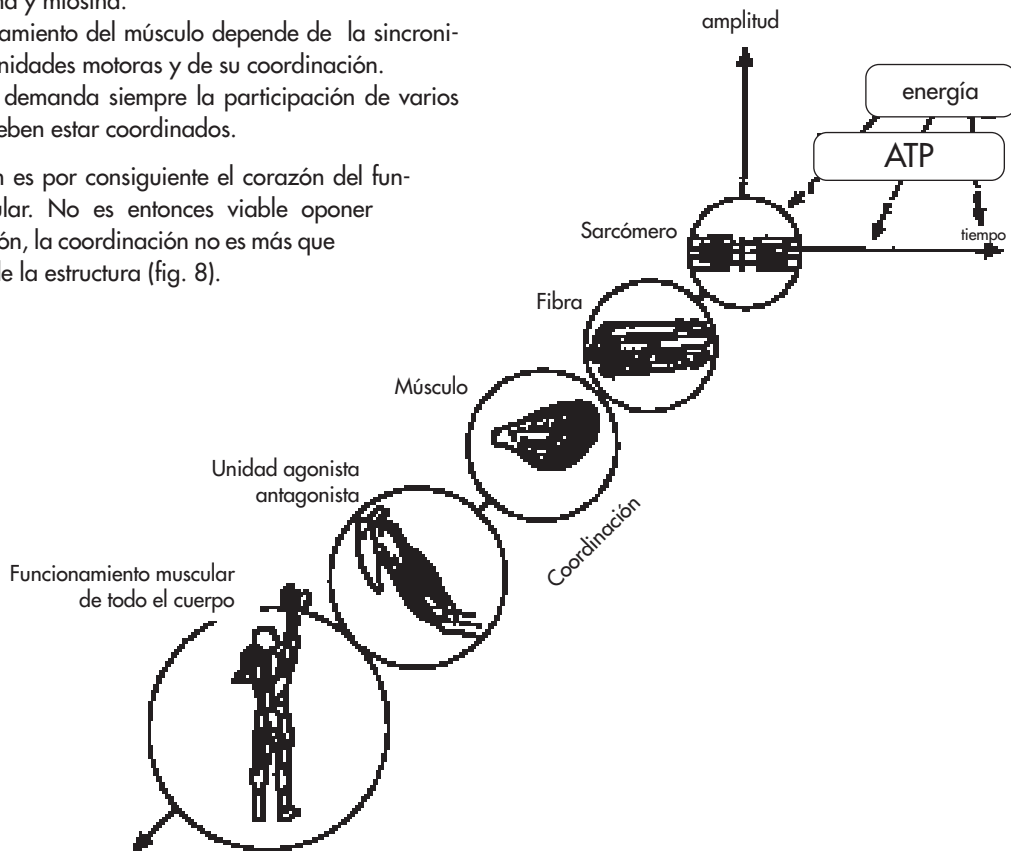


Figura 8. Esquema general de las cualidades físicas.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LAS CUALIDADES FÍSICAS



- BAUERSFELD, M. (1983): Studien zu ausgewählten Probleme des Schnelligkeit, *Wissenschaftliches Zeitschrift er DHFK* núm 3.
- DAL MONTE, A. (1983): *La valutazione funzionale dell'athleta*, Firenze: Sansoni Edizioni.
- GUNDLACH, H. (1969): Testverfahren zur Prüfung der Sprin-schnelligkeit. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 3, 224-229.
- HARRE, D. (1972): *Trainingslehre*, Sportverlag, DDR, Berlin.
- MANNO, R. (1984) Le capacita coordinative in *Scuola dello sport rivista di cultura sportiva*, gennaio, marzo.

- MARELLA, M.; DAL MONTE, A.; R. MANNO (1984) Nuovi orientamenti per l'avviamento dei giovani allo sport, Roma: *Societa stampa sportiva*.
- MATVEIEV, L.P. (1983): *Aspects fondamentaux de l'entrainement*, París Vigot.
- MEINET KURT (1984): *Theoria del movimento*, Roma, *Societa stampa sportiva*.
- SINGER, R.N. (1984): *L'apprendimento delle capacita motorie*, Roma, *Societa stampa sportiva*.
- WEINECK, J. (198): *Manuel d'entrainement*, París, Vigot.
- ZATSIORSKI, V. (1966): *Les qualités physiques du sportif, in traduction INS*.

Resumen de los mecanismos de fuerza

Hemos incluido este capítulo como resumen del siguiente, *Los mecanismos de la fuerza*, que hemos considerado debía ser

más completo y referenciado. Esta parte, pues, permite una visión rápida del capítulo siguiente.

LOS MECANISMOS DE LA FUERZA

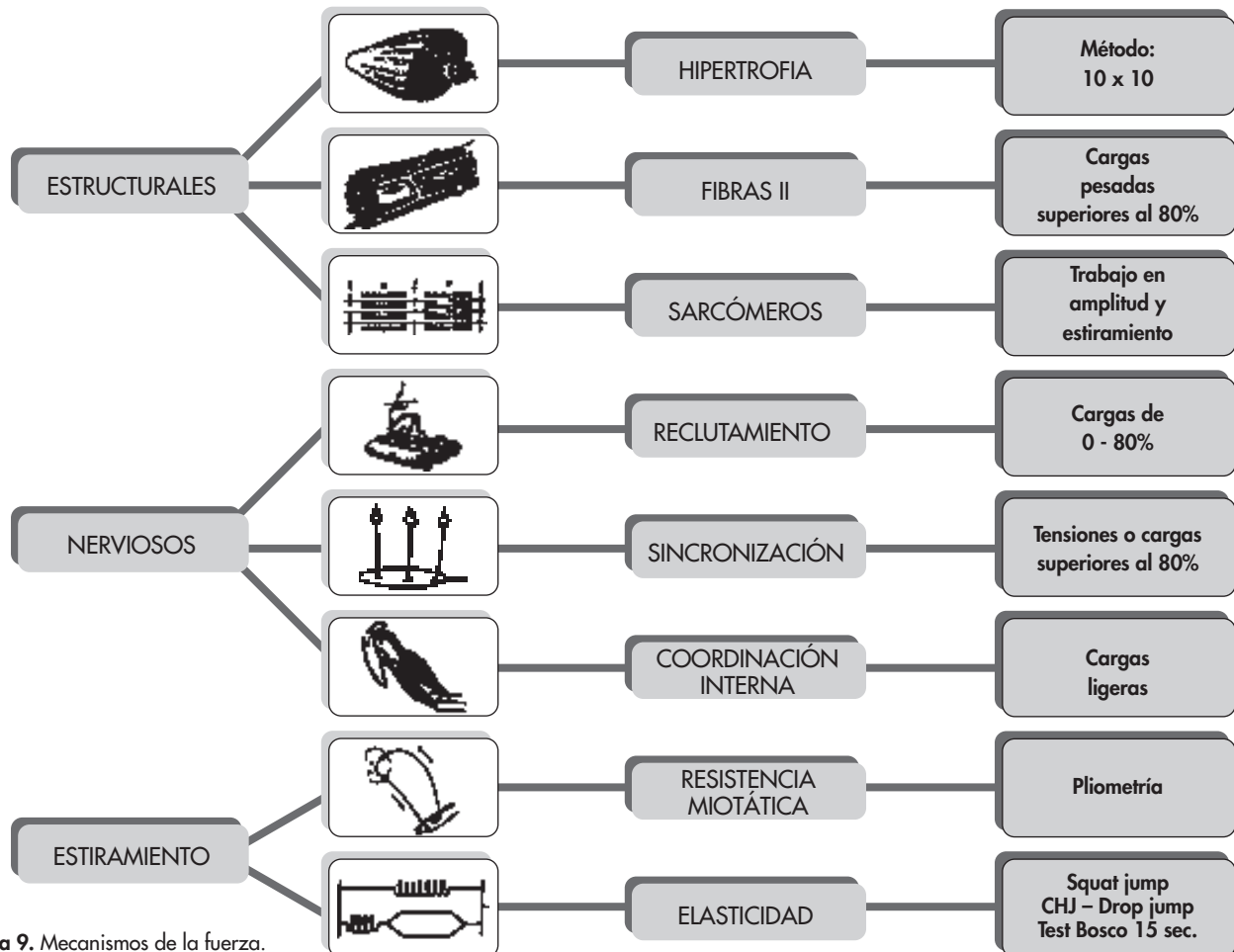


Figura 9. Mecanismos de la fuerza.

La posibilidad de que un atleta desarrolle una fuerza importante depende de diferentes factores (fig. 9), que son:

- Estructurales: tocando la composición misma del músculo.
- Nerviosos: concernientes a la utilización de las unidades motoras.
- En relación con el estiramiento: el cual potencia la contracción.

Vamos a abordarlos secuencialmente, enunciando los conocimientos esenciales y estableciendo para cada parámetro las consecuencias prácticas.

LOS FACTORES ESTRUCTURALES

LA HIPERTROFIA

Bases fisiológicas

La hipertrofia se explica por cuatro causas principales que se mencionan en la figura 10.

- Un aumento de las miofibrillas.
- Un desarrollo de los recubrimientos musculares (tejido conjuntivo).
- Un aumento de la vascularización.
- Un aumento del número de fibras, argumento que todavía hoy está discutido.

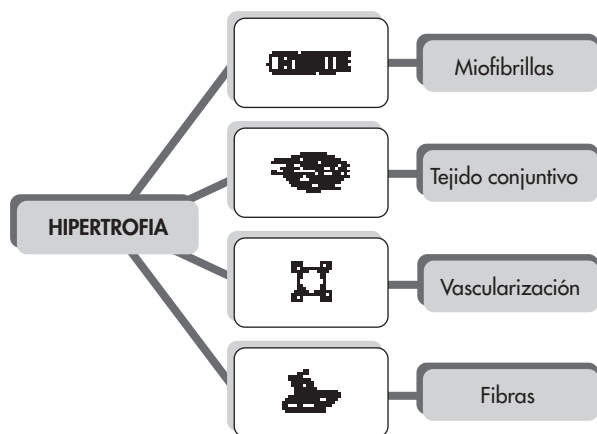


Figura 10. Las causas de la hipertrofia.

Es el fenómeno de la “sobrecompensación” que ilustra el desarrollo temporal del proceso (fig. 11).

Consecuencias prácticas

La hipertrofia se obtiene a partir de realizar el $10 \times 10 = 10$ series de 10 repeticiones con una carga que no se puede repetir más que 10 veces (10 RM).

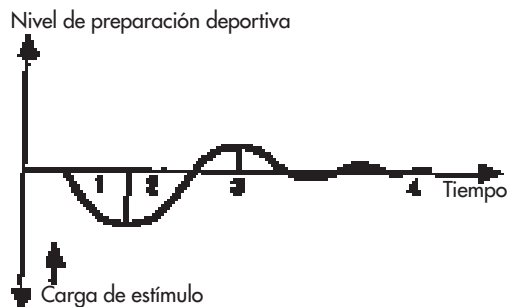


Figura 11. El fenómeno de sobrecompensación y su gestión en el tiempo.

LAS FIBRAS MUSCULARES

Bases fisiológicas

Existen dos tipos de fibras repartidas en el músculo:

- Las fibras lentas o de tipo I.
- Las fibras rápidas o de tipo II, que comprenden:
 - IIa, mixtas: para el metabolismo anaerobio y aerobio.
 - IIb: son las rápidas por excelencia, únicamente para el metabolismo anaerobio.

La figura 12 representa las diferentes características de las fibras musculares

Fibras	Características generales	Metabolismo	Tensión muscular	Vascularización	Fatigabilidad	Sustratos	
						glúcidos	lípidos
I	lentas	aerobio				***	***
II A	rápidas	aerobio anaerobio			grado de resistencia a la fatiga 	***	***
II B	rápidas	anaerobio				***	***

Figura 12. Tabla con las características de las fibras musculares.

Su transformación se explica en el esquema de Howald, que muestra cuándo la transformación es difícil en el sentido “lento” hacia el “rápido”.



Figura 13. Esquema de transformación de las fibras según Howald.

La diferenciación de las fibras se hace sobre todo al nivel de la miosina. Así, Howald distingue en función de las fibras, la presencia de miosina lenta y miosina rápida que se reparten en función de las fibras como se indica en la figura 14.



Figura 14. El reparto de los diferentes tipos de miosina en función de las fibras (según Howald, 1989).

Consecuencias prácticas

Para obtener una transformación de las fibras de tipo I en fibras de tipo II, hay que crear en el músculo tensiones importantes. La solución ideal consiste en trabajar con cargas pesadas.

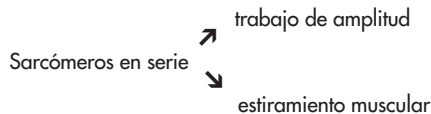
EL AUMENTO DE LOS SARCÓMEROS EN SERIE
Bases fundamentales

Desde Tardieu (1972) y con Gospink (1985), se sabe que un músculo si se inmoviliza ve sus sarcómeros multiplicarse en serie, si se encuentra en una posición de elongación. El trabajo muscular en amplitud (es decir, el hecho de solicitar el músculo teniendo cuidado de permitirle estirarse completamente) es susceptible de aumentar el número de sarcómeros en serie, aunque no está probado todavía en este dominio.

Inversamente un músculo que trabaja demasiado sobre reducidas amplitudes (y próximo a la posición de acortamiento máximo) se arriesga a ver disminuir su número de sarcómeros, y por tanto su eficacia.

Consecuencias prácticas

Para esperar un eventual desarrollo de los sarcómeros en serie, es aconsejable:



LOS FACTORES NERVIOSOS
EL RECLUTAMIENTO DE LAS FIBRAS
Bases fisiológicas

El reclutamiento de las fibras musculares está explicado clásicamente por la ley de Henneman o "size principal", que muestra cómo las fibras lentas son reclutadas antes que las rápidas cual-

quiera que sea el tipo de movimiento. Hay en este caso un paso obligado por las fibras lentas, lo que no es interesante en el caso de movimientos explosivos. La representación de Costill (1980) es constructiva (fig. 15). Una carga ligera entrena un reclutamiento de las fibras lentas (tipo I). Una carga mediana entrena el reclutamiento de las fibras lentas, tipo II y de la IIb.

Hoy las opiniones están divididas cuando se trata de movimientos balísticos: la ley de Henneman no se tomaría en consideración y las unidades motrices de tipo II son reclutadas directamente sin ser solicitadas las unidades motrices lentas (Grimby y Hannertz, 1977). Todavía algunos (Desmedt y Godaux, 1980) piensan que en los movimientos rápidos el principio del tamaño se respeta. Preferiría que la ley de Henneman es válida para los músculos multifuncionales, pero únicamente se respeta cuando desarrollan su función primaria o movimiento básico.

Consecuencias prácticas

El reclutamiento de las unidades motrices interviene al principio del trabajo de musculación explicando así los rápidos progresos. El esquema de Fukunaga (1976) expresa las relaciones entre fenómenos nerviosos e hipertrofia:

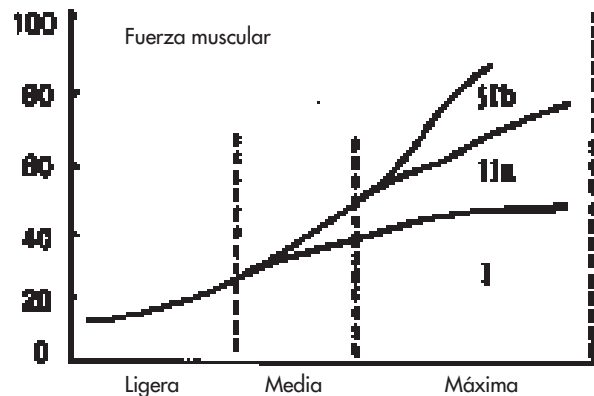


Figura 15. El reclutamiento de las fibras en función de la intensidad de la carga (Costill, 1980).

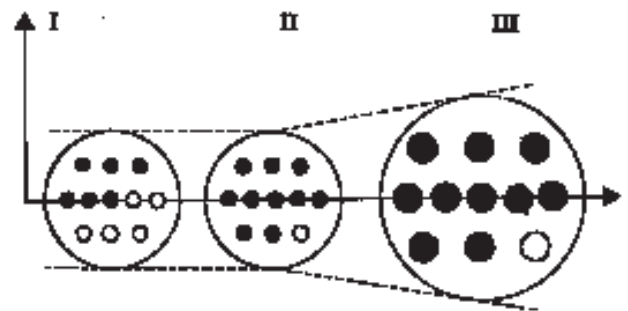


Figura 16. Lugar de los fenómenos de reclutamiento en el aumento de la fuerza (según Fukunaga, 1976).

- figura 16 (I) Situación de salida: el principiante no recluta más que unas cuantas fibras
- figura 16 (II) Al cabo de algunas semanas, el número de unidades motrices reclutadas aumenta, sin hipertrofia
- figura 16 (III) Después del ciclo de entrenamiento es sobre todo la hipertrofia la causa principal de la ganancia de fuerza.

LA SINCRONIZACIÓN DE LAS UNIDADES MOTORAS

Bases fisiológicas

Para utilizar su músculo eficazmente, hay que hacer funcionar sincrónicamente las fibras. ¿Cómo se explica este mecanismo?

Tomemos el ejemplo de un grupo de personas a las que se les pide que griten un sonido, todas al mismo tiempo. Al principio los sonidos suenan a destiempo, con el entrenamiento los individuos llegan a sincronizar sus voces. Las unidades motrices (UM) funcionan igual. La explicación fisiológica más probable es la siguiente (fig. 17):

Las unidades motrices están al principio naturalmente sincronizadas. El circuito de Renshaw es el agente de la desincronización por las acciones inhibitorias sobre las motoneuronas. El entrenamiento de fuerza por colocación de inhibiciones centrales sobre el circuito de Renshaw permite al individuo reencontrar la sincronización inicial. La tensión es un factor importante para llegar a este resultado. Los saltos con contramovimiento son a este efecto ejemplares y particularmente eficaces. La ganancia de fuerza gracias a la pliometría devuelve una mejor coordinación intramuscular gracias a una elevada inhibición. Según Sale (1988), la sincronización de las UM no permitiría un aumento de la fuerza máxima, pero sí una

mejora de la aptitud para desarrollar mucha fuerza en un tiempo muy corto.

Consecuencias prácticas

Para mejorar la sincronización de las UM hay que trabajar con cargas pesadas próximas al máximo, o superiores al máximo gracias al trabajo excéntrico. Se puede igualmente recurrir a la pliometría.

LA COORDINACIÓN INTERMUSCULAR

Bases fisiológicas

Numerosos estudios muestran la especificidad de la mejora de la fuerza. En efecto, un proceso en squat no se acompaña siempre de un progreso de fuerza del cuádriceps, medido sobre una máquina analítica. Esto muestra que la ganancia de fuerza es debida en parte a las coordinaciones intermusculares que son específicas de los movimientos empleados para mejorar la fuerza.

Consecuencias prácticas

El entrenamiento de fuerza debe combinarse con ejercicios cercanos a la técnica específica de la disciplina: así es cada vez más frecuente para los saltadores acoplar el trabajo de squat con saltos.

LA IMPORTANCIA DEL ESTIRAMIENTO

Un músculo estirado produce una fuerza superior; las explicaciones están hoy divididas:

- La intervención del reflejo miotático (RM).
- El papel desempeñado por la elasticidad en serie.

EL REFLEJO MIOTÁTICO

Bases fisiológicas

Ha sido puesto en evidencia por Schmidtbleicher (1985a) (fig. 18) sobre un salto en contramovimiento:

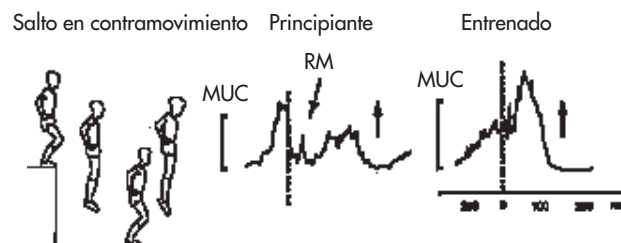


Figura 18. La actividad eléctrica del tríceps después de un salto en contramovimiento de 1,10 m.

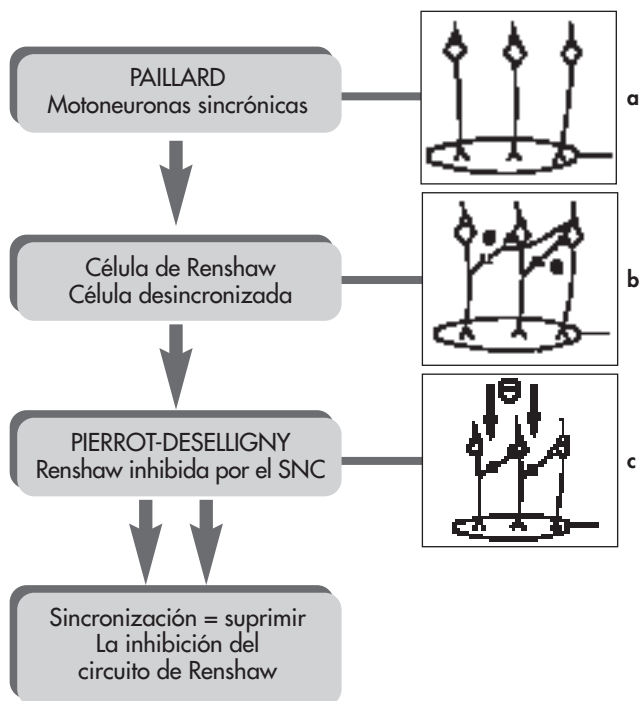


Figura 17. La sincronización de las unidades motoras.

El trazado representa la actividad eléctrica del músculo (la sollicitación nerviosa del músculo). MVC representa la sollicitación muscular obtenida por el atleta en una contracción máxima voluntaria (MVC).

El eje de abscisas representa el tiempo en milisegundos. Las flechas verticales indican el momento del contacto del atleta con el suelo. Se constata que:

- Los dos atletas obtienen una sollicitación muscular superior a su MCV.
- El principiante ejerce su esfuerzo máximo antes del contacto con el suelo: se observa así la acción del reflejo miotático solo.
- El atleta entrenado obtiene una acción del RM que se fundamenta en su acción voluntaria.

Consecuencias prácticas

El trabajo de pliometría es particularmente eficaz para mejorar este aspecto. Señalamos simplemente la tendencia actual que consiste en variar el ángulo de flexión en el momento del contacto con el suelo. En lugar de llegar con las piernas extendidas, se le dice al atleta que llegue con una flexión de rodilla de 90° (fig. 19). Se obtiene así un estiramiento en una posición inhabitual y una eficacia superior del entrenamiento.

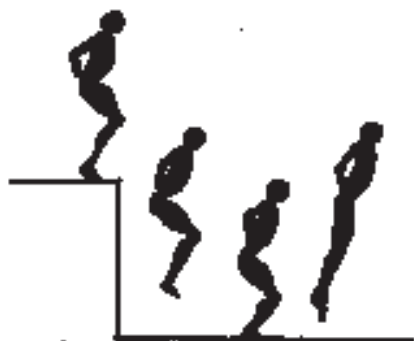


Figura 19. Salto con contramovimiento con flexión de 90° (según Bosco 1985).

LA ELASTICIDAD MUSCULAR

Bases fisiológicas

Se ilustra por el esquema de Hill (fig. 20).

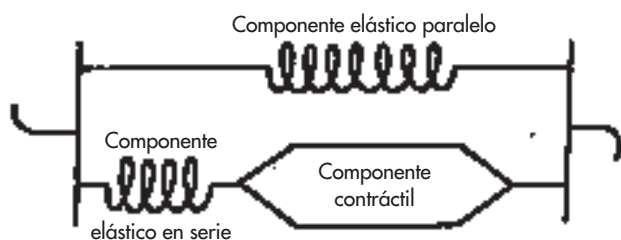


Figura 20. El esquema de Hill.

Hoy se sabe que sólo la elasticidad en serie (ES) es eficaz en los movimientos deportivos. Se distingue en esta ES dos fracciones:

- Una fracción pasiva que se encuentra en los tendones.
- Una fracción activa que se encuentra en la parte contráctil y más precisamente en los puentes de actina y miosina, como muestra la figura 21.



Figura 21. Representación de los puentes de actina-miosina (según Huxley, 1974).

Consecuencias prácticas

Hoy se busca evaluar en el terreno las cualidades de la elasticidad de los atletas, por eso se utilizan tests que han sido introducidos por Bosco en el dominio del entrenamiento. Los dos más simples son el squat jump (SJ) y el salto con contramovimiento (CMJ), que se efectúa con el dispositivo de Abalakov (fig. 22). El SJ se ejecuta del modo siguiente: manos sobre la cadera, tronco derecho, partiendo de rodillas flexionadas a 90° (fig. 23).

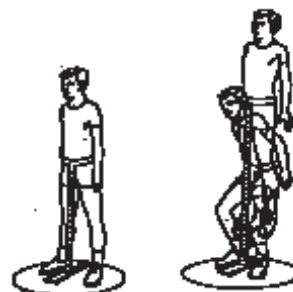


Figura 22. El dispositivo de Abalakov.

El CMJ obedece a las mismas reglas, pero el atleta parte en posición erguida y flexiona las piernas provocando así un estiramiento muscular. La diferencia CMJ-SJ nos da cuenta de una cualidad de elasticidad muscular del sujeto.

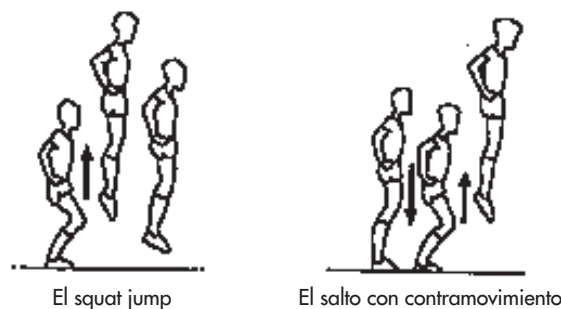


Figura 23. Los tests.

Los dos tests más pertinentes son más complicados para tenerlos en cuenta, puesto que necesitan la utilización de una plataforma de contacto unida a un cronómetro que Bosco llamó ergojump (fig. 24). Estos dos tests son el drop jump (fig. 25) y el test de potencia de 15 segundos.

El drop jump consiste en efectuar saltos y contrasaltos de diferentes alturas (20, 40, 60, 80, 100 cm).



Figura 24. El ergojump de Bosco.



Figura 25. El drop jump.

El test de potencia consiste en rebotar durante 15 segundos lo más alto posible sobre el ergojump, calculando el cronómetro automáticamente la potencia desarrollada.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA MUSCULACIÓN



ADAM, K. UND VERCOSHANSKI, Y.V. (1976): *Modernes Krafttraining in Sport*, Berlín: Bartels und Wernitz.

BOSCO, C. (1985): L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo schelettico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. In *Atleticastudi* jan-fev. 7-117. Traduction Inseps nº 644.

CERRETELLI, P. and DI PRAMPERO, P.E. (1985): *Sport, ambiente e limite umane*, Milano: ed. Mondadori.

COMETTI, G. (1988): La pliométrie, compte-rendu du colloque de février 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, ed: université de Bourgogne.

COMETTI, G.; PETIT, G.; POUGHEON (1989): *Préparation au B.E., tome 3 les sciences biologiques*, Vigots (París).

FOX, E.L. and MATTHEWS, D.K. (1984): *Bases physiologiques de l'entraînement*, París: Vigot.

FUKUNAGA, T. (1976): Die absolute Muskelkraft und das Muskeltraining, *Sportarzt und Sportmedizin*, 11, 255-265.

GOUBEL, F. and HOECKE, J. (1982): Biomécanique et geste sportif, In *Cinésiologie* XXI, 41-51.

HARRE, D. (1976): *Trainingslehre*. Berlín: Sportverlag.

HAUPTMANN, M. and HARRE, D. (1985) Training zur Ausbildung der Maximalkraftfähigkeit. In *Théorie und Praxis der Körperkultur*, nº 9 698, 706.

HELAL, H. and POUSSON, M. (1986): La force. In *memento de l'éducateur sportif, 2e degré. Insep publication*, 143-160.

LETZELTER, H. (1983): *Ziele, Methode und Inhalte des Krafttraining*, Hamburg, Verlag Ingrid Czwalina.

SCHMIDTBLEICHER, D. (1985a): L'entraînement de force; 1ere partie: classification des méthodes. *Sciences du sport*, août 1985.

SCHMIDTBLEICHER, D. (1985b): L'entraînement de force; 2ème partie: l'analyse structurelle de la force motrice et de son application à l'entraînement. *Sciences du sport*, septembre 1985.

VERCOSHANSKI, J.V. (1982): *Le basi dell'allenamento della forza speciale nello sport*, Moscou.

VOLKOV, V.M. (1977): *Processus de récupération en sport*, Moscou: F.I.S.

WEINECK, J. (1983): *Manuel d'entraînement*, París: Vigot.

ZATSIORSKI, V.M. (1966): *Les qualités physiques du sportif*, In traduction Insep.

Los mecanismos de la fuerza

La posibilidad para un atleta de desarrollar una fuerza importante depende de diferentes factores que están esquematizados en la figura 9. Son de tres órdenes:

- estructurales, es decir, que tratan de la composición misma del músculo;
- nerviosos, que atañen a la utilización de las unidades motrices;
- en relación con el estiramiento, el cual potencia la contracción.

Vamos a abordarlos enumerando los conocimientos esenciales y sobre todo logrando para cada parámetro las consecuencias prácticas.

LOS FACTORES ESTRUCTURALES

Comprenden:

- La hipertrofia.
- Las fibras y sus modificaciones.
- Los sarcómeros.

LA HIPERTROFIA



Fuerza muscular y sección transversal

Ikay y Fukunaga (1968) sostienen que la fuerza muscular depende directamente de la sección del músculo (fig. 26).

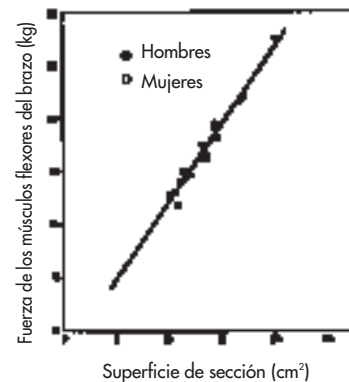


Figura 26. Relación entre la fuerza de los músculos flexores del brazo y su superficie de sección. La relación es la misma en los hombres que en las mujeres (según Ikay y Fukunaga, 1968).

Para MacDougall (1986) la correlación no es tan alta como se preveía: piensa incluso que sólo existe una correlación débil y no significativa entre fuerza voluntaria y superficie de sección de la fibras después del entrenamiento o del desentrenamiento (MacDougall, 1980). Esto prueba que la fuerza máxima voluntaria no depende más que en parte de la cantidad de material contráctil. Los factores nerviosos son igual de importantes que el fenómeno de hipertrofia (Sale, 1986).

Las causas de la hipertrofia

La hipertrofia se explica por cuatro causas principales que se encuentran en la figura 27:

- un aumento de las miofibrillas;
- un desarrollo de las envolturas musculares (tejido conjuntivo);
- un aumento de la vascularización;
- un aumento del número de fibras; los científicos no se han puesto de acuerdo en el caso del hombre.

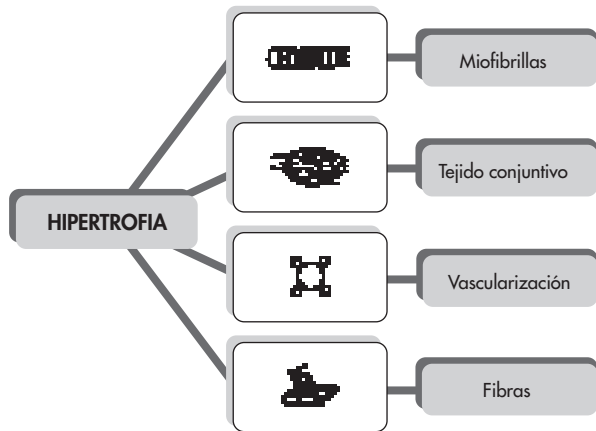


Figura 27. Las causas de la hipertrofia.

EL AUMENTO DE TAMAÑO Y DEL NÚMERO DE LAS MIOFIBRILLAS

Primero vamos a situar las miofibrillas en el interior de la estructura muscular. En la figura 28 vemos 4 niveles:

- el músculo
- la fibra muscular
- la miofibrilla
- el sarcómero

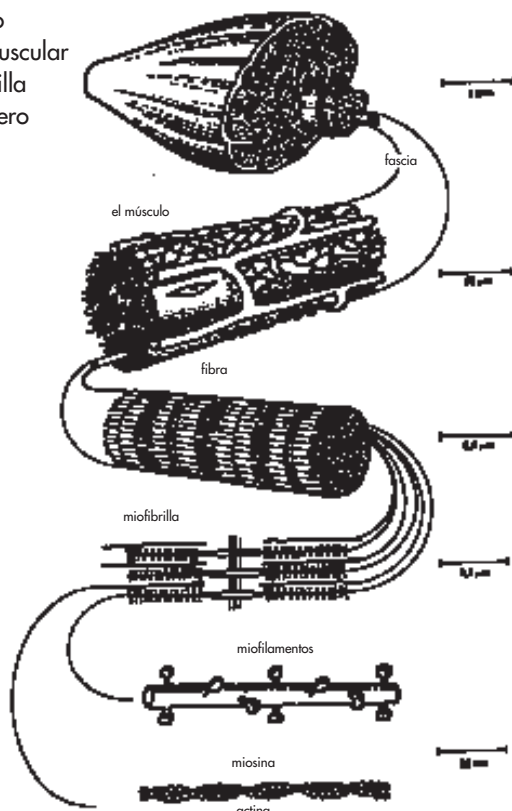


Figura 28. Los diferentes niveles de la estructura muscular (según Gray's Anatomy, Longman, 1973).

La figura 29 nos enseña la influencia sobre las miofibrillas de un trabajo de fuerza para conseguir una "hipertrofia".

Se ve que las miofibrillas tienen tendencia a aumentar de tamaño y a multiplicarse:

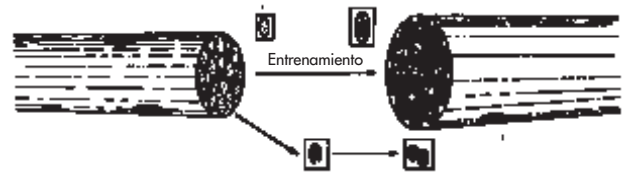


Figura 29. Influencia del entrenamiento de hipertrofia sobre las miofibrillas (según MacDougall, 1986).

- Aumento de tamaño de la miofibrillas:



Es el resultado de la suma de los filamentos de miosina y de actina (MacDougall, 1986) en la periferia de las miofibrillas que permite no alterar la disposición de los puentes de actina-miosina. Inversamente, la atrofia consecutiva a una inmovilización se debe a una pérdida de material contráctil de la periferia de las miofibrillas. La figura 30 ilustra el aumento del volumen de las miofibrillas del vasto externo después de 6 semanas de entrenamiento de fuerza.

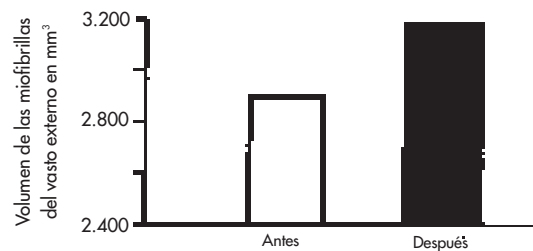


Figura 30. Volumen de las miofibrillas del vasto externo antes y después de 6 semanas de trabajo de fuerza (según Lüthi et col., 1986).

- Aumento del número de miofibrillas:



Según Goldspink (1985) es la causa principal de la hipertrofia. Demuestra claramente que el aumento de la sección de la fibra es proporcional al número de miofibrillas durante el crecimiento (fig. 31).

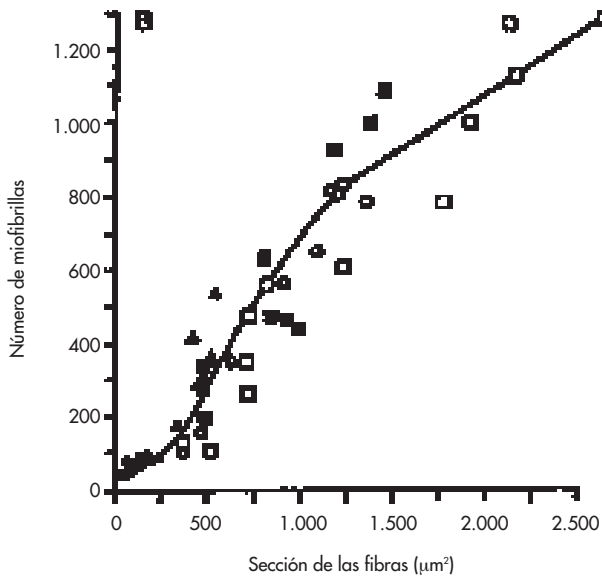


Figura 31. La relación entre la sección de las fibras y el número de miofibrillas a lo largo del crecimiento (según Goldspink, 1985).

Según Goldspink (1970) la multiplicación de las miofibrillas sería debida a una fisuración longitudinal. Esa fisuración sería la consecuencia de un desequilibrio entre la banda A y la banda I: la banda A se encontraría dilatada, del mismo modo los filamentos de actina serían oblicuos al eje de la miofibrilla haciendo así una tracción sobre la estria Z. Ésta se rompería bajo la tracción mecánica dando lugar a dos miofibrillas de la misma longitud de sarcómero (fig. 32).

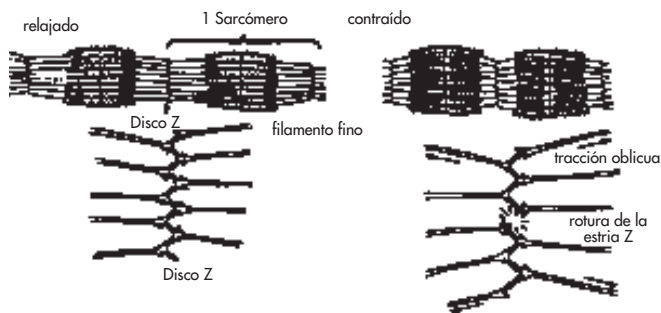


Figura 32. Mecanismo de la fisuración de las miofibrillas (según Goldspink, 1985).

Esta fisuración sería más completa para las fibras rápidas (Goldspink, 1985). MacDougall (1979) describe un número importante de miofibrillas que presenta fisuraciones después de un entrenamiento de fuerza de 6 meses (y una inmovilización de 6 semanas) (fig. 33). Se logra un aumento del 31% de la superficie de las fibras. La superficie de las miofibrillas se ve aumentada en un 16%.

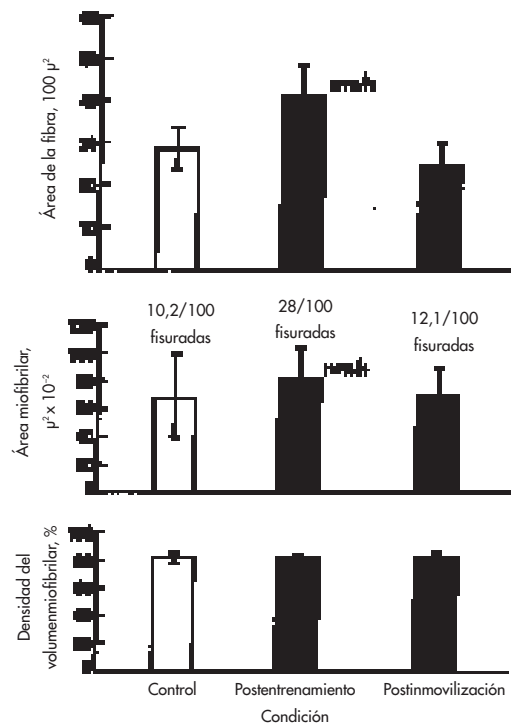


Figura 33. Cambio de la superficie de las fibras, la superficie de las miofibrillas y la densidad de las miofibrillas (se indica también el número de miofibrillas que presentan "fisuras") (según MacDougall, 1986).

Se constata que el número de miofibrillas que comportan "fisuras" pasa de 10,2 a 28% indicando así la acción del entrenamiento de fuerza en ese sentido.

EL AUMENTO DEL TEJIDO CONJUNTIVO

MacDougall (1984) demostró que el colágeno y los otros tejidos no contráctiles representan un 13% del volumen muscular. Pero de ese 13%, un 6% corresponden al colágeno y el 7% a los otros tejidos. Demostró, por otro lado, que esa proporción era constante tanto en los culturistas como en los sujetos sedentarios, lo que prueba que la hipertrofia muscular se acompaña de un aumento del tejido conjuntivo.

Stone (1988) resume los efectos del entrenamiento de fuerza sobre los tejidos conjuntivos (también el tejido óseo) en la figura 34.

La escala es arbitraria. Se vio que la resistencia de los tejidos conjuntivos aumenta con la carga del trabajo.

El colágeno es el principal elemento del tejido conjuntivo. Se compone de 3 cadenas de aminoácidos que están enrollados entre ellos formando una hélice (fig. 35).

Son sobre todo las experiencias en los animales las que permiten construir el modelo:

- así los esfuerzos de resistencia han supuesto, en las ratas jóvenes, un aumento del peso de los tendones, mientras que en los animales más viejos el peso no cambia (Ingelmark, 1948);

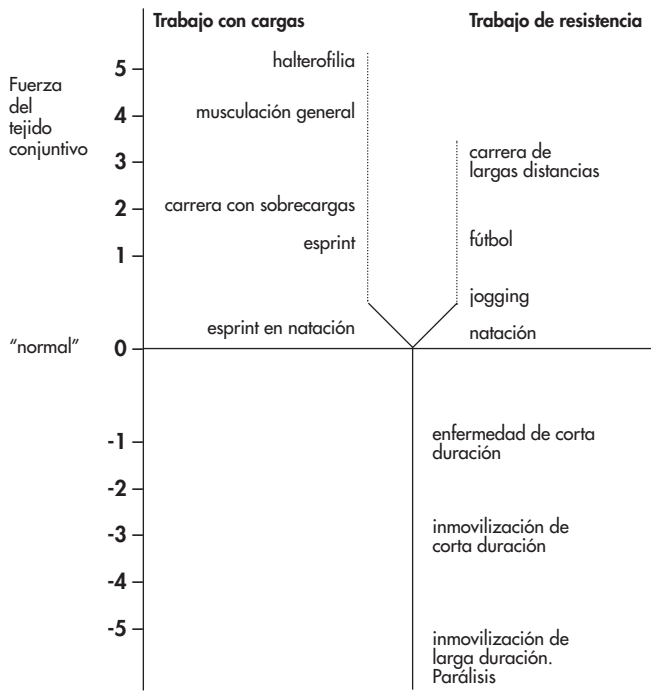


Figura 34. Modelo teórico de la influencia del entrenamiento sobre el tejido conjuntivo (según Stone, 1988).

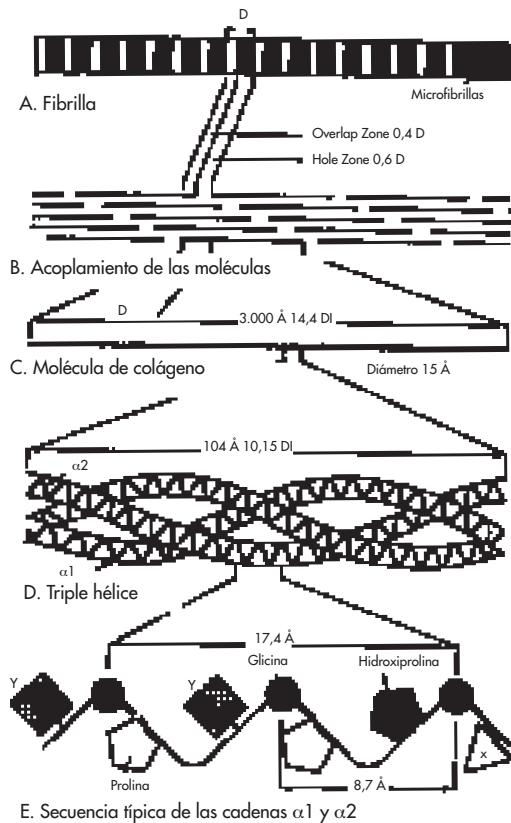


Figura 35. Estructura del colágeno (según Stone, 1988).

- un entrenamiento del esprint produce por otra parte un aumento del peso de los ligamentos en las ratas macho (Tipton y col, 1974);
- la hidroxiprolina es el componente más importante del colágeno, una modificación sería la consecuencia de la regeneración de los daños causados por los ejercicios con carga.
- Por otra parte, según Goldspink (1985), parece que contrariamente a lo que se pensaba el tejido conjuntivo es más "plástico" que la parte contráctil del músculo. En efecto, se constató en el animal que en la modificación de una obligación mecánica (por ejemplo inmovilizando el músculo en una posición de acortamiento), la adaptación se produce primero en el tejido conjuntivo. Se sabe en ese caso que el músculo puede perder hasta un 30% de sus sarcómeros en serie; las fibras se acortan. Pero según la evolución del fenómeno, se ve que el tejido conjuntivo cambia antes de que el número de sarcómeros disminuya (fig. 36).

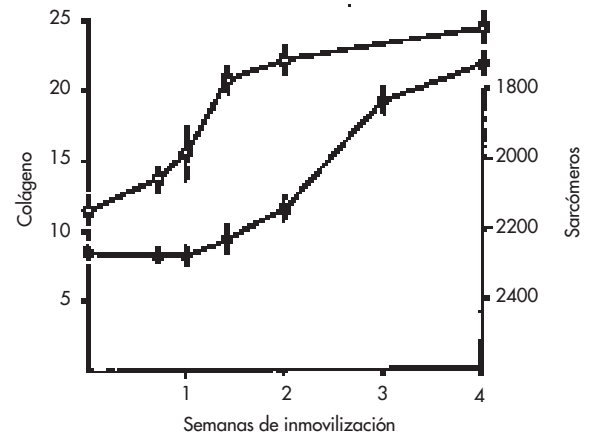


Figura 36. Disminución de los sarcómeros en serie (puntos negros) y síntesis de tejido conjuntivo (círculos blancos) sobre un músculo inmovilizado en posición de acortamiento (según Williams y Goldspink, 1984).

Esto es bastante sorprendente porque el tejido conjuntivo es conocido como más estable que las fibras que tienen un "turnover" más largo. Los resultados de la figura 36 demuestran que el tejido conjuntivo se remodela en 1 semana.

EL AUMENTO DE LA VASCULARIZACIÓN

Según Schrantz (1982) el número de capilares por fibra es dos veces más importante en los culturistas que en los sujetos sedentarios.

Pero MacDougall (1986) observa una reducción de la densidad de los capilares por milímetro cuadrado del 13% para los atletas que practican ejercicios de fuerza (halterofilia), como muestra la figura 37. Se compara ese parámetro en los corredores de resistencia, sujetos sedentarios y los que practican halterofilia.

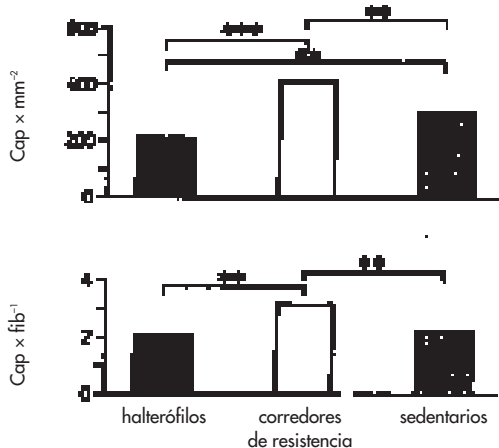


Figura 37. La vascularización en 3 poblaciones diferentes: corredores de resistencia, sujetos sedentarios y halterófilos (según Tesch, 1985).

Tesch (1988) explica esta relativa contradicción precisando los tipos de esfuerzo:

- para cargas pesadas con pocas repeticiones como lo practican los de halterofilia, se produce una disminución del número de capilares por fibra.
- para cargas menos pesadas (70%) con series más largas y una cantidad de trabajo más importante correspondiendo a lo que hacen los culturistas, se ve una ligera elevación del número de capilares por fibra. La figura 38 ilustra la diferencia de la densidad de los capilares en los culturistas y los de halterofilia para los músculos tríceps braquial y vasto externo (cuádriceps).

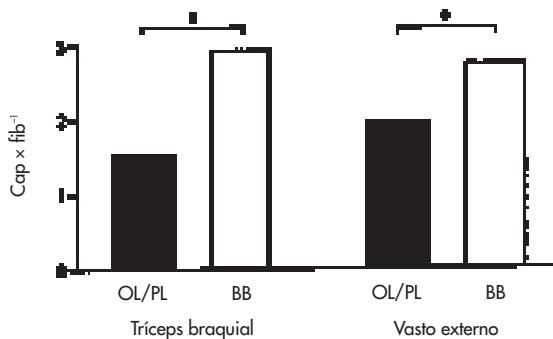


Figura 38. Relación capilares-fibras en el tríceps y el vasto externo en culturistas y halterófilos de alto nivel (según Dudley y col., 1986).

HIPERTROFIA Y FIBRAS MUSCULARES

Dos problemas se ponen de manifiesto en las fibras:

- aumento de tamaño: ¿afectan preferencialmente a un tipo de fibras?
- ¿es posible una multiplicación de fibras? (llamada "hiperplasia").

El aumento de tamaño de las fibras

La hipertrofia consecutiva a un trabajo con cargas pesadas afecta a los dos tipos de fibras (lentas y rápidas). Pero más marcada para las fibras de tipo II (Thorstenson, 1976, MacDougall y col., 1980). La inmovilización conlleva una atrofia que afecta de manera preferencial las fibras de tipo II (MacDougall y col., 1980). Este estudio de MacDougall demostró que en el tríceps braquial durante un período de 5-6 meses la superficie de las fibras de tipo II aumentó en un 33% y la superficie de las fibras de tipo I aumentó sólo un 27% (fig. 39). Hakkinen (1981) demostró igualmente un aumento mayor de las fibras rápidas después de 8 y 16 semanas de entrenamiento de fuerza (fig. 40).

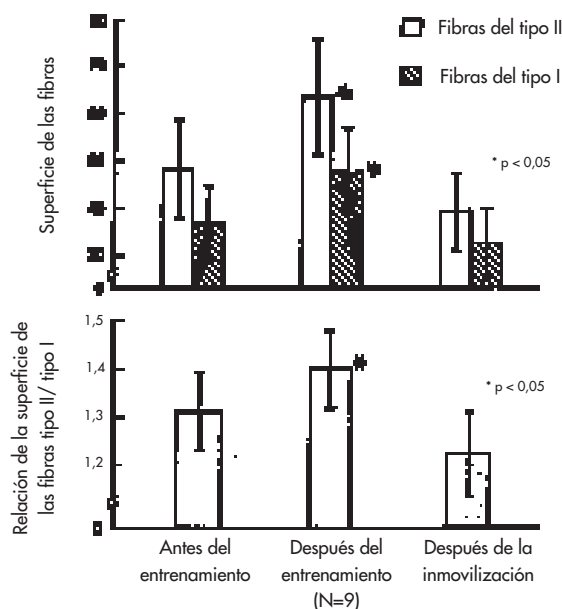


Figura 39. Evolución de las superficies de sección de las fibras de tipo I y de tipo II. La figura inferior representa la evolución de la relación fibras de tipo II sobre fibras de tipo I (según MacDougall, 1986).

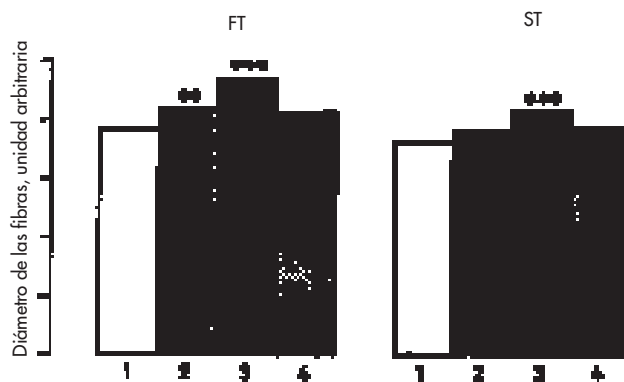


Figura 40. Diámetro de las fibras rápidas y de las fibras lentas antes (1) después de 8 semanas (2) y 16 semanas (3) de entrenamiento de fuerza y 8 semanas de desentrenamiento (4) (según Hakkinen et al, 1981).

Según Tesch (1988), los culturistas tienen un porcentaje elevado de fibras de tipo I comparados con los de halterofilia. La cuestión es saber si se trata del resultado del entrenamiento o de un dato genético. Tesch (1984) encontró en los culturistas una media de superficie de fibras de tipo II de 6,2 μm^2 en el vasto externo, contra 7,9 μm^2 en los halterófilos.

Kraemer (1988) dedujo que el entrenamiento con cargas muy pesadas interviene más sobre las fibras tipo II que el entrenamiento tipo culturista.

El aumento del número de fibras

El proceso sería el siguiente según MacDougall:

Las fibras después de haberse dilatado gracias a un entrenamiento de fuerza se fisurarán longitudinalmente como lo muestra la figura 41.



Figura 41. La posibilidad de fisura de las fibras por el entrenamiento (según MacDougall, 1986).

En el animal los estudios lo demostraron, como el de Edgerton (1970) por ejemplo en las ratas (fig. 42).

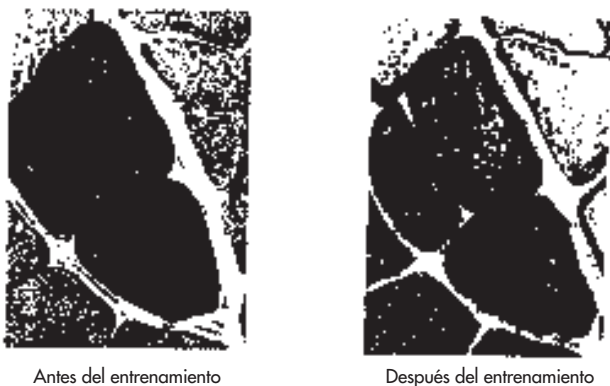


Figura 42. Fisura de las fibras: antes del entrenamiento se distinguen 2 fibras. Después del entrenamiento una de las fibras se ha fisurado longitudinalmente (según Edgerton, 1970).

Gonyea (1980) logra un aumento del 20% del número de fibras en gatos que tuvieron un entrenamiento de musculación 5 días por semana durante 34 semanas (fig. 43).

– En el hombre existen argumentos en favor de la hipertrofia.

Para Tesch (1988), esta hipótesis está confirmada por los estudios comparativos sobre los atletas “de resistencia” y los atletas

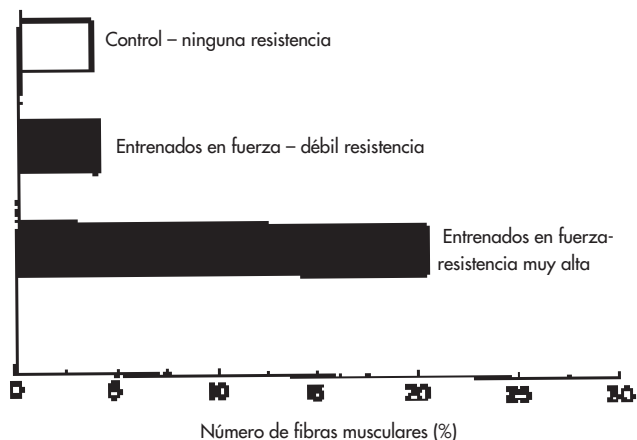


Figura 43. Resultados de un entrenamiento de fuerza y resistencia en el gato sobre el número de fibras tras 34 semanas de entrenamiento (según Gonyea, 1980).

“de fuerza”. Así los nadadores y los kayakistas demuestran una hipertrofia importante de deltoides con un pequeño diámetro de las fibras. Es más, el tamaño de las fibras de los músculos deltoides y vastos externos de los culturistas de alto nivel no es superior al de los estudiantes en EPS (Tesch y col. 1982), pero es inferior al de los halterófilos (fig. 44). Los culturistas presentan un número más grande de fibras por unidad motora (Larsson y Tesch, 1986) para el bíceps y el vasto externo.

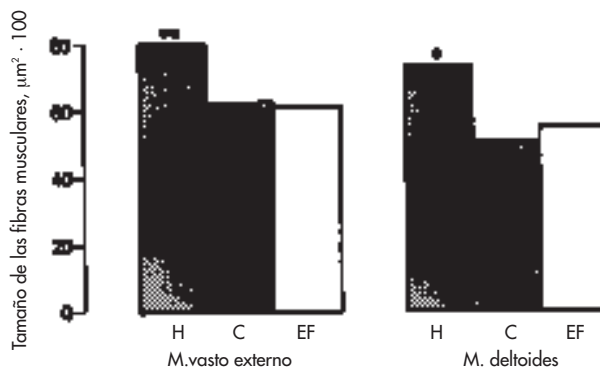


Figura 44. Tamaño de las fibras musculares del vasto externo y del deltoideos en los halterófilos (H), los culturistas (C) y los estudiantes de Educación Física (EP) (según Tesch y Larson, 1982).

– Pero algunos son escépticos, como MacDougall y col. (1984), que han demostrado en un grupo de 25 sujetos donde 5 culturistas de alto nivel, 7 culturistas de nivel medio y 13 sedentarios a pesar de la gran variación interindividual del número de fibras del bíceps (de 172.000 a 419.000), los culturistas no poseen más fibras que los sedentarios (fig. 46).

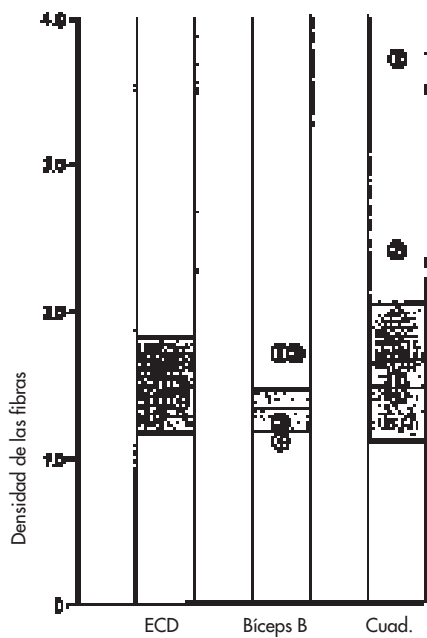


Figura 45. Densidad de las fibras por unidad motora del extensor común de los dedos (ECD) del bíceps, (B) y del vasto externo (VE) en culturistas de alto nivel (1 y 2) y 2 culturistas regionales (3 y 4) (según Larson y Tesch, 1986). La parte sombreada representa los valores normales.

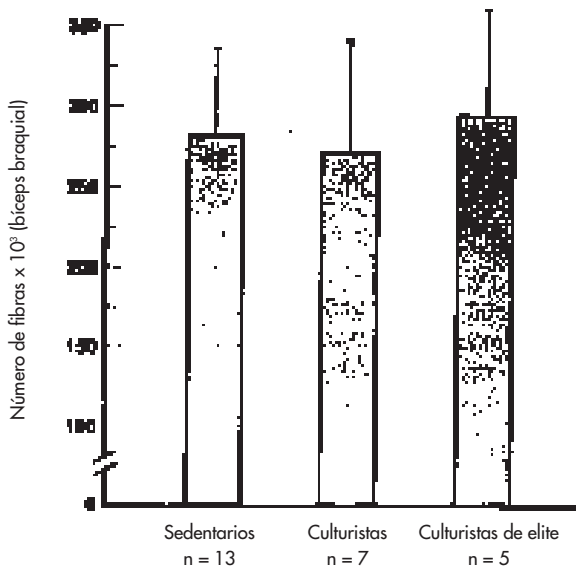


Figura 46. Número de fibras del bíceps en individuos sedentarios y en culturistas (MacDougall, Sale, Alway y Sutton, 1984).

Explica el tamaño de los músculos de los culturistas por fibras más gruesas y un tejido conjuntivo más importante.

No se puede ser afirmativo sobre el problema de la hiperplasia en el hombre.

Conclusión sobre la hiperplasia:

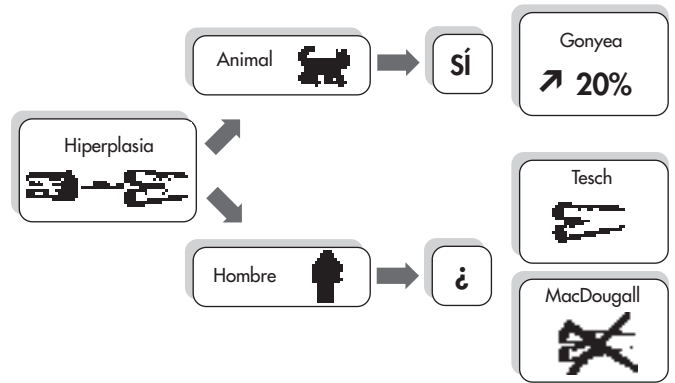


Figura 47. Síntesis de los datos sobre la hiperplasia.

RESUMEN DE LAS CAUSAS DE LA HIPERTROFIA

Representamos en la figura 48 los datos principales sobre el aumento de la masa muscular.

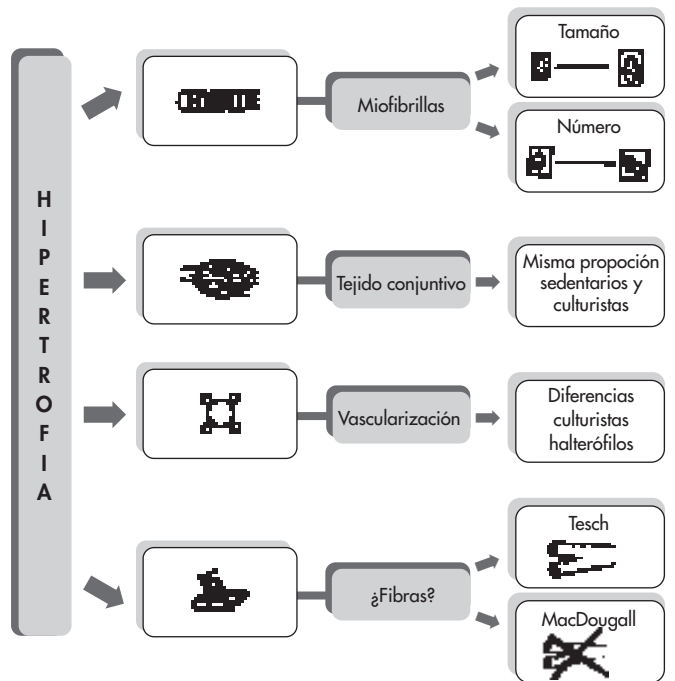


Figura 48. Resumen de las causas principales de la hipertrofia.

La explicación de la hipertrofia

Hemos visto lo que se modifica cuando el músculo se hipertrofia. ¿Cuál es la causa de los fenómenos anteriores? La explicación se encuentra a dos niveles:

- una explicación fundamental
- el fenómeno de la sobrecompensación.

LA EXPLICACIÓN FUNDAMENTAL

La hipertrofia se debe en gran parte al aumento del material contráctil. Los mecanismos por los cuales la contracción mecánica de las cargas de entrenamiento estimulan un aumento de la síntesis de las proteínas son actualmente desconocidos (MacDonagh y col., 1984, MacDougall, 1986).

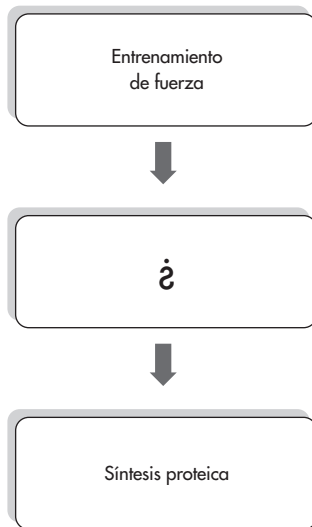


Figura 49. Explicación de la hipertrofia.

Pero avancemos algunas explicaciones:

- Un estiramiento pasivo del músculo durante un tiempo bastante largo (18 h o más) provoca un aumento de fijación de los aminoácidos y de la síntesis proteica (Sola, Christensen, Martin, 1973) en el animal.
- Es poco probable que ésta sea la explicación que concierna a la musculación.
- Para MacDougall (1986), es muy probable que sea un proceso de regeneración de las lesiones causadas por el entrenamiento que está en el origen de la síntesis proteica.

Es la teoría del "break down and build up" (destrucción y restauración).

Es verdad que un trabajo con cargas pesadas produce agujetas que son el signo de destrucciones musculares (Abraham, 1977, Tiidus e lanuzzo, 1983).

- la elevación de la creatinfosfokinasa (CPK) sérica (Tiidus e lanuzzo, 1983);
- la presencia de mioglobina en la orina (Abraham, 1977) es el signo de los daños causados a las proteínas contráctiles.
- la presencia de hidroxiprolina en la orina (Abraham, 1977) sugiere que los tejidos conjuntivos también sufren lesiones.

Esa teoría apoya lo que llamamos "fenómeno de sobrecompensación".

EL FENÓMENO DE SOBRECAMPENSACIÓN

Según MacDougall (1986) la repetición del proceso de desadaptación y restauración debida al entrenamiento intensivo de fuerza provoca un aumento de la síntesis proteica que recuerda la sobrecompensación del glucógeno muscular que se produce en el entrenamiento de resistencia.

En el caso de la hipertrofia muscular, se habla también de "sobrecompensación". La figura 50 ilustra el desarrollo temporal de ese proceso.

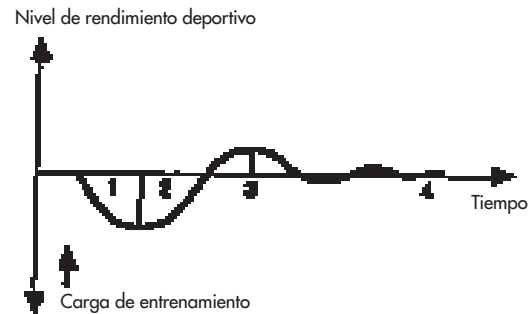


Figura 50. El fenómeno de sobrecompensación y su gestión en el tiempo (según Jakolev, 1957).

Se pueden distinguir 4 fases:

1. La sesión de musculación propiamente dicha durante la cual se produce una degradación de las proteínas contráctiles.
2. Al final de la sesión, empieza una fase de recuperación que permite una resíntesis de las proteínas.
3. Si la sesión es suficientemente intensa para agotar el músculo, se produce entonces una fase de "sobrecompensación" en el nivel de resíntesis que supera la inicial.
4. Si la sesión es aislada, hay una vuelta progresiva al nivel inicial.

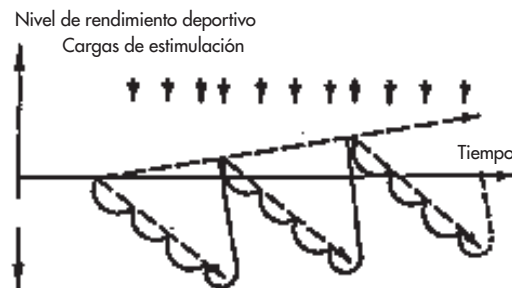


Figura 51. Utilización particular de la sobrecompensación en cargas concentradas.

Se constata la lógica necesidad de encadenar las sesiones, lo cual consiste en efectuar la sesión siguiente cuando el sujeto este en la cima de la fase 3. Se logra así una acumulación de efectos de sobrecompensación. Se estima empíricamente que 2 días es el tiempo ideal para encadenar sesiones respetando este principio.

El organismo tiene por facultad primera adaptarse, por lo que ese proceso será eficaz sólo durante un cierto período, luego tendrá que encontrar otra "desadaptación". La figura 51 es un ejemplo de lo que se puede hacer para sorprender de nuevo al organismo.

Se ve que esta vez se programan las sesiones para aumentar el agotamiento, lo que tiene por efecto provocar de nuevo una sobrecompensación sobre un organismo que estaba saturado desde este punto de vista. Concretamente durante 3 semanas se vuelve a ejecutar una sesión por día del mismo grupo muscular guardando una dieta normal. Y durante los 15 días siguientes, se disminuye considerablemente el trabajo para permitir la regeneración imponiendo un régimen alimentario rico en proteínas: el organismo, puesto así en estado de necesidad, utiliza de manera eficaz ese aporte proteico para aumentar el volumen muscular.

Modificaciones bioquímicas provocadas por ejercicios de fuerza que entrenan la hipertrofia muscular

ADAPTACIONES ENZIMÁTICAS

Gracias a los estudios de Tesch y col. (1985) se sabe que la actividad de la miocinasa disminuye igual que la de la CPK. La fructocinasa (PFK) y las otras enzimas glucolíticos tienen también tendencia a disminuir en el caso de una hipertrofia pronunciada.

La actividad de los enzimas mitocondriales como la succinie-deshidrogenasa (SDH) son también reducidas (un 30% según Gollnick y col, 1972).

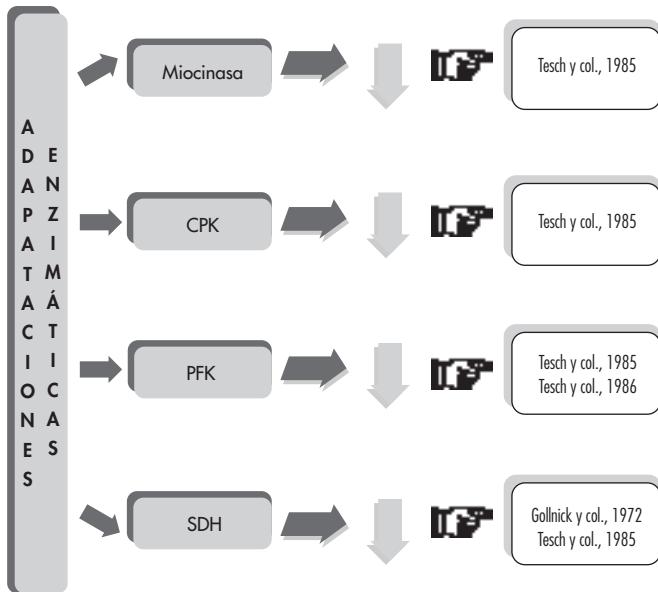


Figura 52. Las adaptaciones enzimáticas con ejercicios de fuerza.

Tesch (1987) concluye que un entrenamiento de fuerza no produce adaptaciones enzimáticas que reflejen la puesta en juego del metabolismo del fosfágeno y de los metabolismos glucolítico y aerobio.

MODIFICACIONES DE LOS SUSTRATOS

MacDougall y col. (1977) han demostrado que aumentan las concentraciones de fosfatos altamente energéticos, así como el glucógeno muscular.

En un estudio de sobre 9 sujetos no entrenados que habían trabajado sus tríceps de 5 a 6 meses, se logró un aumento significativo de glucógeno, creatina, creatinfosfato (CP) y adenosintrifosfato (ATP). Cuando se sometió a los sujetos durante 5 semanas a la inmovilización de sus brazos, esos aumentos quedaron anulados.

Tesch y col. (1986) han confirmado en culturistas el aumento de glucógeno, pero esos atletas no mostraban concentración de ATP, CP y creatina (C) diferentes de las de los sedentarios.

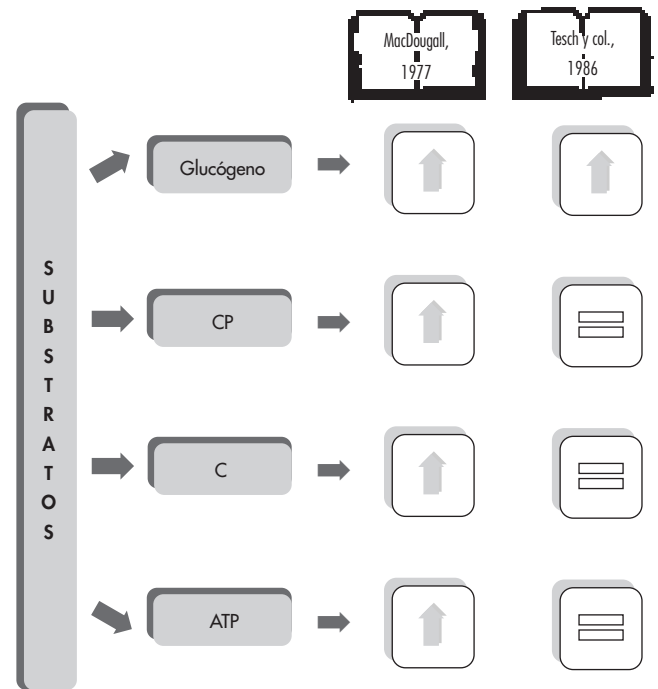


Figura 53. Modificación de los sustratos.

RESPUESTA HORMONAL A LOS EJERCICIOS DE FUERZA QUE BUSCAN LA HIPERTROFIA

Se ha estudiado la respuesta hormonal a un entrenamiento de fuerza de 6 meses (Hakkinen y col., 1985). Se usó la relación testosterona y cortisol para dar cuenta del potencial anabólico-catabólico. Esta relación aumenta progresivamente durante el período.

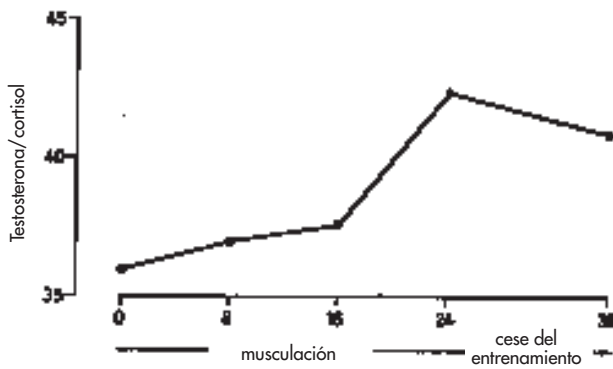


Figura 54. Modificación de la relación testosterona/cortisol en el transcurso de 16 semanas de entrenamiento y de 8 semanas de cese de entrenamiento.

do de entrenamiento (fig. 54) y disminuye durante la fase de desentrenamiento. Se modifica después de un aumento de la testosterona y una disminución del cortisol (durante el entrenamiento).

Hakkinen (1985) demostró una relación positiva entre el aumento de fuerza y el aumento de la relación testosterona/cortisol sugiriendo una influencia hormonal sobre la adaptación al entrenamiento de fuerza (fig. 55).

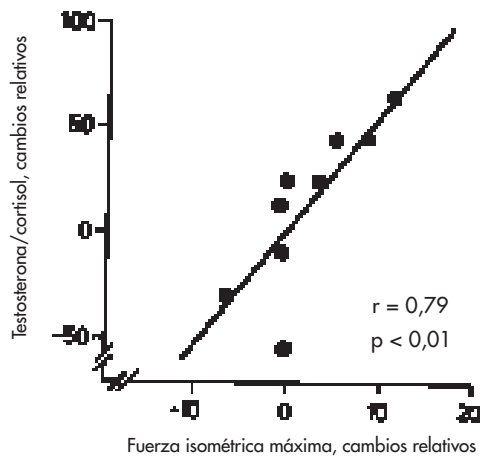


Figura 55. La correlación entre la relación testosterona/cortisol y la fuerza máxima isométrica en la prensa de piernas (1 prensa) (según Hakkinen y cols, 1985).

RESUMEN DE LAS ADAPTACIONES BIOQUÍMICAS

Hemos esquematizado en la figura 56 las principales adaptaciones bioquímicas provocadas por ejercicios de fuerza que pretenden la hipertrofia.

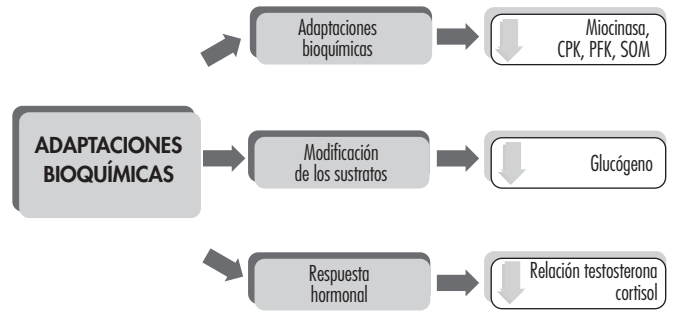


Figura 56. Resumen de las adaptaciones bioquímicas provocadas por ejercicios que buscan la hipertrofia muscular.

Otras modificaciones morfológicas

Kraemer y col. (1988) mencionan las modificaciones corporales después del entrenamiento de fuerza a corto plazo. Así, un trabajo con carga entraña un aumento de la masa magra y una disminución de la masa grasa. La tabla 1 resume el grupo de estudios realizados sobre esos parámetros.

Estudios sobre la composición corporal de los culturistas y los halterófilos de alto nivel demostraron que los atletas tienen de un 8,3 a un 12,2% de masa grasa (Fahey y col., 1975, Katch y col. 1980, Pipes, 1979). En las mujeres culturistas, se midió un 13,2% de masa grasa (Freedson y col. 1983). Estas cifras son inferiores a las obtenidas en los sujetos sedentarios: 14 a 16% para los hombres y 20 a 24% para las mujeres (Katch y McArdle, 1975).

Modificaciones metabólicas a corto plazo

Se trata en este caso de seguir las modificaciones provocadas por una sesión de musculación. Tesch (1986) propone una sesión sobre el modelo "culturista" que contenga: squats atrás, squats delante, trabajo en la prensa y en la máquina de cuádriceps (fig. 57). El número de series y de repeticiones, así como las cargas soportadas se indican en la figura 57. La sesión dura unos 30 min.

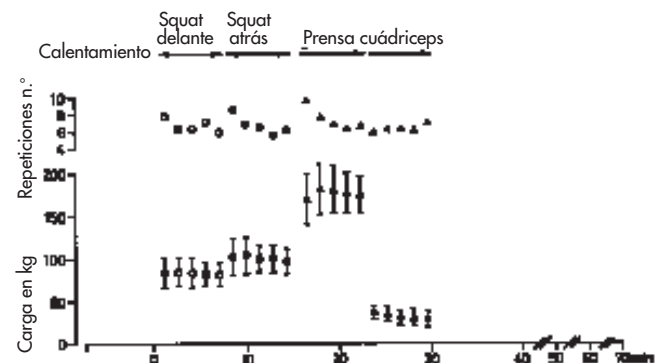


Figura 57. Perfil de la sesión de musculación (según Tesch y col., 1986).

Referencias	Sexo de los sujetos	Duración del entrenamiento (semanas)	Días de entrenamiento/semana	Series y repeticiones	Número de ejercicios	Modificaciones corporales		
						Peso	Masa magra	Masa grasa
Brown y Wilmore (1974)	F	24	3	8 sem = 1 x 10, 8, 7, 6, 5, 4 16 sem = 1 10, 6, 5, 4, 3	4	-0,4	+1,0	-2,1
Mayhew y Gros (1974)	F	9	3	2 x 10	11	+0,4	+1,5	-1,3
Wilmore y col. (1978)	F	10	2	2 x 7 - 16	8	-0,1	+1,1	-1,9
Withers (1970)	F	10	3	40-55% 1 RM durante 30 seg.	10	+0,1	+1,3	-1,8
Hunter (1985)	F	7	3	3 x 7 - 10	7	-0,9	+0,3	-1,5
	F	7	4	2 x 7 - 10	7	+0,7	+0,7	-0,5
Fahey y Brown (1973)	M	9	3	2 ejercicios 5 x 5	5	+0,5	+1,4	-1,0
Misner y col. (1974)	M	8	3	1 x 3 - 8	10	+1,0	+3,1	-2,9
Wilmore y col. (1978)	M	10	2	2 x 7 - 16	8	+0,3	+1,2	-1,3
Withers (1970)	M	10	3	40-55% 1 RM durante 30 seg.	10	+0,7	+1,7	-1,5
Gettman y col. (1979)	M	20	3	50% 1 RM 6 sem = 2 x 10 - 20 14 sem = 2 x 15	10	+0,5	+1,8	-1,7
Coleman (1977)	M	10	3	2 x 8 - 10 RM	11	+1,7	+2,4	-9,1
Hunter (1985)	M	7	3	3 x 7 - 10	7	+0,6	+0,5	-0,2
	M	7	4	2 x 7 - 10	7	0,0	+0,5	-0,9

Tabla 1. Modificaciones de la composición corporal por efectos del entrenamiento de fuerza (según Kraemer y col., 1988).

Los parámetros fueron medidos durante y después de la sesión:

- el consumo de oxígeno: 2,2 litros por min o 48% del $\dot{V}O_2$ máx (con un pico del 60%) (fig. 58).
- modificaciones de las concentraciones de lactato, glucosa, glicerol y ácidos grasos libres.

Vanhelder (1984), por otra parte, demostró la influencia de la carga sobre los efectos metabólicos de una sesión de 20 min.

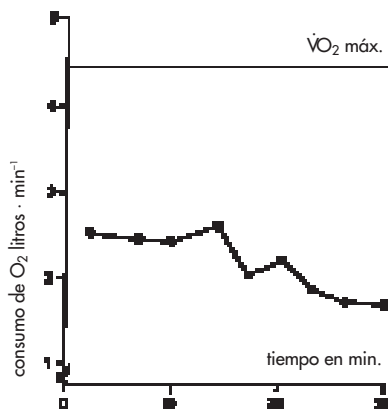


Figura 58. Consumo de O_2 en el transcurso de una sesión de musculación (según Colliander y Tesch, 1987).

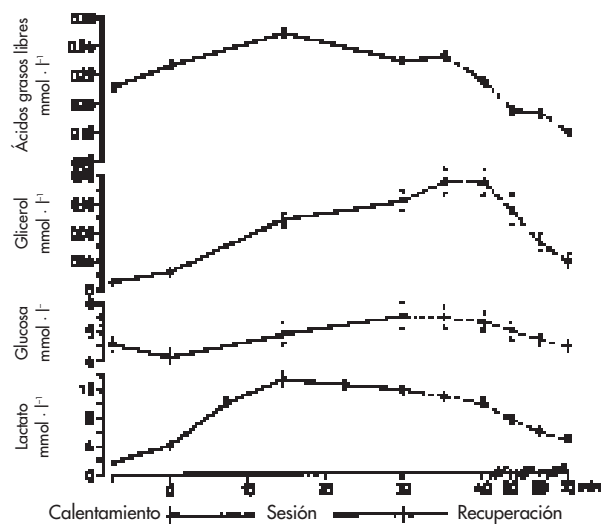


Figura 59. Modificaciones de las concentraciones de lactato, glucosa, glicerol y ácidos grasos libres en el transcurso de la sesión (según Tesch y col., 1986).

Midió el nivel plasmático de la hormona de crecimiento (fig. 60). Vio claramente que el trabajo con cargas pesadas tenía un papel sobre la producción de esta hormona que no tenía en el caso de las cargas ligeras.

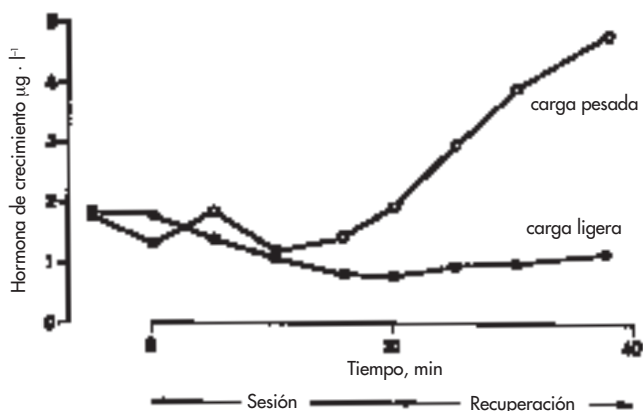


Figura 60. Modificaciones de la hormona de crecimiento (GH) en el plasma durante y después de una sesión de 20 minutos (según Vanhelder y col., 1984).

Hipertrofia y fenómenos nerviosos

El aumento de la masa muscular no es la causa única de la mejora de la fuerza; las modificaciones nerviosas son también importantes. ¿En qué orden intervienen estos dos aspectos?

Está claro para muchos autores que los mecanismos nerviosos intervienen primero. Proponemos aquí el esquema de Sale (1988).

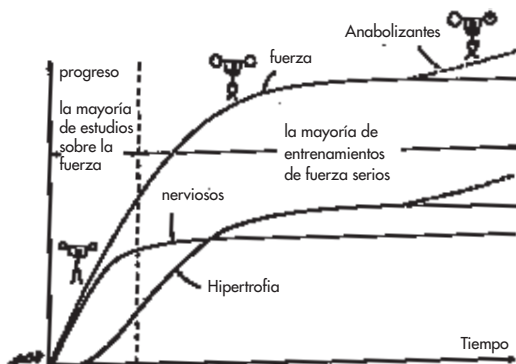


Figura 61. Encadenamientos sucesivos de los mecanismos nerviosos y de la hipertrofia en el desarrollo de la fuerza (según Sale, 1988).

Se ve que la fase inicial es sobre todo de dominio nervioso. Sale (1988) constata que el proceso de hipertrofia se estabiliza y que entonces la tentación de usar anabolizantes es grande.

Fuerza e hipertrofia máxima

El sentido común afirma habitualmente que el músculo muy hipertrofiado pierde en calidad de contracción. Existen indicios científicos que van en ese sentido. MacDougall y col. (1982) han demostrado que en los culturistas (donde los músculos están muy hipertrofiados) existe una reducción del volumen miofibrilar. Esta reducción del volumen de las miofibrillas indica una dilución de las proteínas contráctiles en las fibras, lo que entraña una disminu-

ción de la tensión específica. Se habla de una relación MVC/CSA (fuerza máxima voluntaria sobre sección muscular). Esta relación disminuye en las modificaciones importantes de hipertrofia muscular.

Para los períodos de entrenamiento más largos (años de entrenamiento) la relación anterior aumenta difícilmente (esto se debe a que en caso de extrema hipertrofia la densidad de las miofibrillas disminuye, lo que provoca un descenso de la tensión producida).

Consecuencias prácticas

¿Como se entrena para ser eficaz al nivel de la masa muscular? O, al contrario, ¿qué tipo de sesión hay que evitar si no se desea aumentar el volumen muscular?

Sale (1985) efectúa una experiencia con un grupo de sujetos:

- con un brazo, ejecutan 6 series de 10 a 12 RM;
- con el otro brazo, ejecutan 6 series de 2 A 3 RM.

El brazo que realiza las series de 10-12 RM gana más en fuerza y masa muscular.

EXPERIENCIA DE SCHMIDTBLEICHER:

Schmidtbleicher (1987) ha hecho una experiencia con 59 sujetos (de 22 a 25 años) que repartió en 4 grupos sobre un período de 12 semanas:

- un grupo llamado G-MAX (contracción máxima) trabaja con cargas pesadas y pocas repeticiones; 3 x 3 al 90%, 2 x 2 al 95%, 1 x 1 al 100% y 1x1 al 100% + 1 kg
- un grupo llamado G-P (potencia) usa 5 x 8 repeticiones al 45% a velocidad máxima;
- un grupo llamado G-RM (repeticiones máximas) hace 5 x 12 repeticiones al 70%;
- un grupo de control G-T.

La recuperación entre las series era 5 min para los 2 primeros grupos y 2 min para el tercero.

Los parámetros siguientes fueron medidos antes y después del entrenamiento:

- Fuerza máxima voluntaria (FMV).
- Actividad eléctrica del músculo (media sobre 10 contracciones). La figura 62 demuestra dónde se calculó la pendiente de la subida de la actividad eléctrica (PSAE).

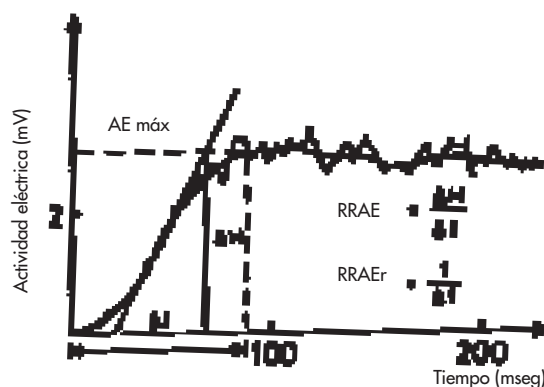


Figura 62. Cálculo de la PSAE con la ayuda del EMG.

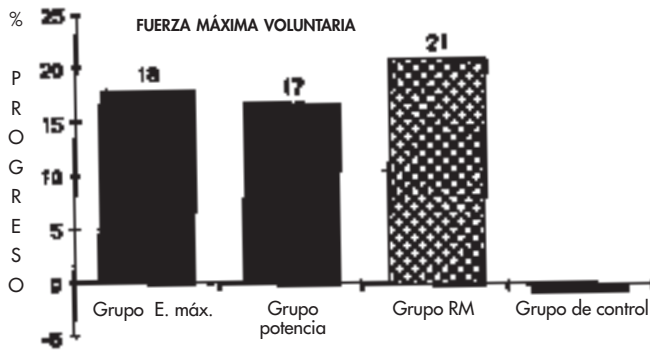


Figura 63. Fuerza máxima voluntaria.

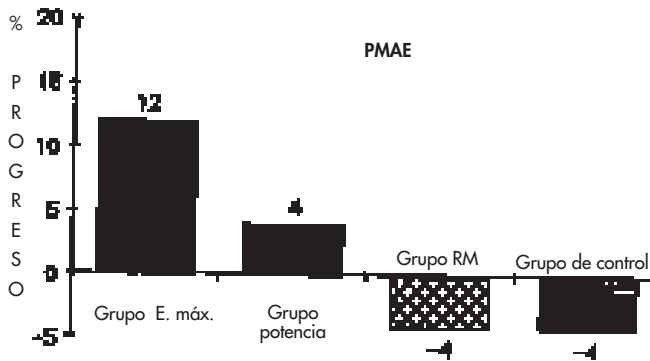


Figura 64. Adaptación nerviosa.

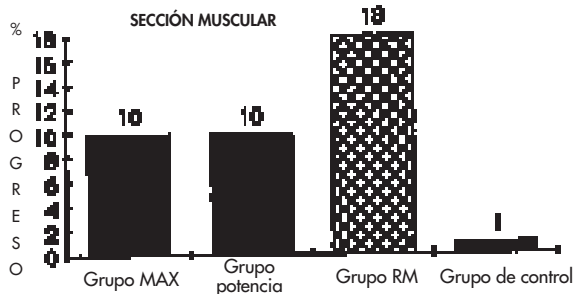


Figura 65. El volumen muscular.

- Superficie de sección del músculo tríceps lograda por tomografía informatizada.
- Circunferencia del brazo.

La fuerza máxima voluntaria: (fig. 63)

Aumenta de forma sensible igualmente para los tres grupos.

La actividad eléctrica (PMAE): (fig. 64)

El grupo G-MAX es el que logra las adaptaciones nerviosas los más importantes. Las cargas pesadas son eficaces para mejorar las unidades motoras.

El grupo G-P viene justo después, pero en el grupo G-RM ese parámetro disminuye.

La superficie de sección: (fig. 65)

El aumento del 18% en el grupo G-RM constituye la forma de trabajo eficaz para la hipertrofia.

El aumento es menor, pero existe (10%) en los dos otros grupos. La medida de la circunferencia confirma esos resultados.

EL MÉTODO DE DESARROLLO DE LA HIPERTROFIA

Se comprueba, pues, el abanico de trabajo eficaz para el desarrollo de la masa muscular:

- 6 repeticiones no son suficientes para conseguir un agotamiento muscular importante
- 15 repeticiones suponen una carga muy débil para agotar realmente el músculo.

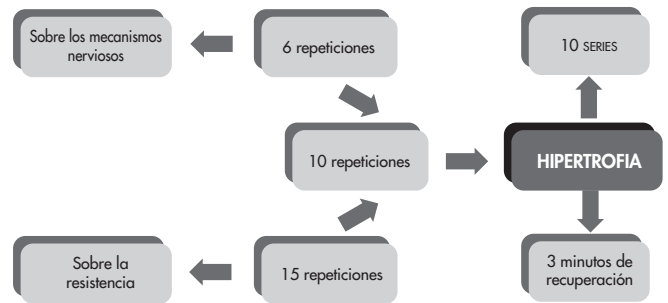


Figura 66. Las características del trabajo de hipertrofia.

Unas 10 repeticiones con una carga que no se puede levantar 10 veces (se habla así de 10 RM: repeticiones máximas) constituyen las condiciones para trabajar sobre la masa muscular.

Por otra parte, hay que repetir suficientemente esta serie para que entrañe un agotamiento consecuente al nivel del músculo. Se habla de al menos 10 series.

Para simplificar, se coge el método de 10 x 10 como medio ideal para desarrollar la masa muscular. Las recuperaciones entre las series deben ser cortas: 3 min para provocar el agotamiento muscular y permite recuperar para desarrollar una fuerza suficiente en la serie siguiente.

Si queremos hacernos una idea del porcentaje de la carga máxima permitiendo este tipo de serie nos podemos ayudar de la curva de la figura 67.

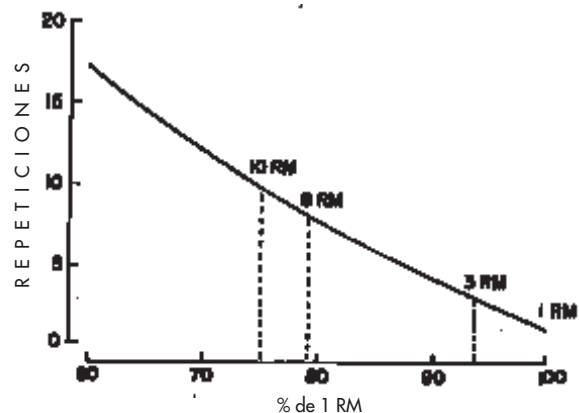





Figura 67. Curva que indica el porcentaje de la carga máxima permitida para ejecutar un número de repeticiones máximas dadas (según Sale y MacDougall, 1981).



- ABRAHAM, W.M. (1977): Factors in delayed muscle soreness, *Medicine and sciences in Sport*, 9, 11-20.
- EDGERTON, V. (1970): Morphology and histochemistry of the soleus muscle from normal and exercised rats *Ame, Journal Anatomy*, 127, 81-88.
- GOLDSPIK, G. (1985): Malleability of the motor system: a comparative approach, *Journal of Experimental Biology*, 115, 375-391.
- GOLLNICK, P.D.; AMSTRONG, R.B.; SAUBERT, C.W.; PIEHL, K. and SALTIN, B. (1972): Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men, *Journal of applied physiology*, 33, 312-319.
- GONYEA, W.J. (1980): Role of exercise in inducing increases in skeletal muscle fiber number *Journal of Applied Physiology: Respiratory. Environmental and exercise Physiology*, 48, 421-426.
- HAKKINEN, K.; KOMI, P.V.; TESCH, P.A. (1981): Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles, *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 3, 50-58.
- HAKKINEN, K.; PAKARINEN, A.; ALEN, M.; KOMI, P.V. (1985): Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance, *European Journal of Applied Physiology*, 53, 287-293.
- IKAY, M. and FUKUNAGA, T. (1968): Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurements *International Zeitschrift für Angewandte Physiologie*, 26, 26-32.
- JAKOLEV, KOROBKOV, JANANIS (1957): Teoria e metodologia dell'allenamento sportivo (traduzione) FIS, Moscou.
- INGELMARK, B.E. (1948): Der Bau der Sehnen Während Verschiedener Altersperioden und unter Wechselenlendes funktionellen Bedingungen. Fine Qualitative morphologische untersuchung an den achillenssehnen ratten, *Acta Anat. (Basel)*, 6, 113-140.
- KRAEMER, W.J.; DESCHENES, M.R. and FLECK, S. (1988): Physiological Adaptations to Resistance exercise. Implications for athletic conditioning, *Sports Medicine*, 6: 246-256.
- LARSSON, L. and TESCH, P.A. (1986): Motor unit fibre density in extremely hypertrophied skeletal muscle in man, *European Journal of Applied Physiology*, 55, 130-136.
- LÜTHI, J.M.; HOWALD, H.; CLAASSEN, H.; RÖSLER, K.; VOCK, P.; HOPPELER, H. (1986): Structural changes in skeletal muscle tissue with heavy resistance exercise, *International Journal of Sports Medicine*, 7, 123-127.
-  MACDONAGH, M.J.N. and DAVIES, C.T.M. (1984): Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads, *European Journal of Applied Physiology*, 52, 139-155.
- MACDOUGALL, J.D.; SALE, D.G.; MOROZ, J.R.; ELDER, G.C.B. and SUTTON, J.R. (1979): Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training, *Medicine and Science in Sports*, 11, 164-166.
- MACDOUGALL, J.D.; ELDER, G.C.B.; SALE, D.G.; MOROZ, J.R. and SUTTON, J.R. (1980): Effects of strength training and immobilisation on human muscle fibers, *European Journal of Applied Physiology*, 43, 25-34.
- MACDOUGALL, J.D.; SALE, D.G.; ALWAY, S.E., and SUTTON, J.R. (1984): Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects, *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and exercise Physiology*, 57, p. 401.
-  MACDOUGALL, J.D. (1986): Adaptability of muscle to strength training: a cellular approach, *International series on sport sciences*, 16, 501-513.
- SALE, D.G. (1986): Neural adaptation in strength and power training, In N.L. Jones, N. MacCartney and A.J. McComas (Eds), *Human Muscle Power*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- SALE, D.G. and MACDOUGALL, J.D. (1981): Specificity in strength training. A review for coach and athlete, *Canadian Journal of applied Sport Sciences*, 6, 89.
- SCHMIDBLEICHER, D. and BUERLE, M. (1987): Neuronal adaptation and increase of cross-sectional area studying different strength training methods, *Biomechanics*, X-B, Jonsson (ed) 615-621.
- SCHRANTZ, P. (1982): Capillary supply in hypertrophied human skeletal muscle *Acta physiologica Scandinavica*, 114, 635-637.
- SOLA, O.M.;CHRISTENSEN, D.L. and MARTIN, A.W. (1973): Hypertrophy and hyperplasia of adulte chicken latissimus dorsi muscles following stretch with and without denervation, *Experimental neurology*, 41, 76-100.
- STONE, M.H. (1988): Implications for connective tissue and bone alterations resulting from resistance exercise training, *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 20, 5, (suppl.) S162-168.
-  TESCH, P.A. and LARSSON, L. (1982): Muscle hypertrophie in bodybuilder, *European Journal of Applied Physiology*, 49, 301-306.
- TESCH, P.A.; HAKKINEN, J. and KOMI, P.V. (1985): The effect of strength training and detraining on various enzyme activities, *Medicine and Science and sport and exercise*, 16, 174.
- TESCH, P.A. (1987): Acute and long-term metabolic changes consequent to heavy resistance exercise, *Medicine Sport Sciences*, 26, 67-89.: Karger (Basel).
- TESCH, P.A. (1988): Skeletal muscle adaptations consequent to longterm heavy resistance exercise, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 5, (supplement) S132-S134.
- THORSTENSSON, A. (1976): Muscle strength, fibre types and enzyme activities in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, (suppl.) 443, 1-44.
- TIIDUS, P.M., and IANUZZO, C.D. (1983): Effect of intensity and duration of muscular exercise on delayey soreness and serum enzymes activities. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 15, 461-465.
- TIPTON, C.M.; MATTHES, R.D. and SANDAGE, D.S. (1974): In situ measurement of junction strength and ligament elongation in rats. *Journal of Applied Physiology*, 37, 758-761.
- VANHELDER, W.P.; RADOMSKI, M.W.; GOODE, R.C. (1984): Growth hormone responses during intermittent weight lifting exercise in men. *European Journal of Applied Physiology*, 53, 31-34.
- VIIDIK, J.M. (1986): Adaptability of connective tissue. *Biochemistry of Exercise VI*, Saltin (Ed) Champaign, IL: Human Kinetics.
- WILLIAMS, P. and GOLDSPIK, G. (1984): Connective tissue changes in immobilized muscle, *Journal Anat.*, 138, 343-350.

LAS FIBRAS MUSCULARES

Tipología de las fibras



Hemos visto en el resumen la clasificación actual:

- fibras lentas: tipo I.
- fibras rápidas: tipo II, comprenden las IIa y las IIb.

Se la debemos a Brooke y a Kaiser (1970). Existen por tanto otras clasificaciones que la tabla (2) de Marini (1981) muestra de manera muy clara. Esta tipología es hoy muy discutida: en efecto,

la distinción de fibras se basa en dos coloraciones. Colorea una enzima (en la clasificación de Brooke y Kaiser, la ATPasa), consta entonces coloraciones diferentes. Es así como se han distinguido 3 grandes categorías. Las críticas emitidas descansan sobre el hecho de que se ha cambiado la enzima que colorea las fronteras entre fibras diferentes. Se busca hoy una diferencia estructural más neta. Parece que ésta sea la miosina que permite objetivamente determinar el tipo de fibra.

La miosina

Howald (1989) muestra que la composición de las fibras comporta dos clases de miosina: una miosina lenta (slow) y una miosina rápida (fast). La figura 68 muestra el reparto de la miosina en función de las fibras.

Sobre este esquema nosotros vemos las fibras IIc, que son fibras en curso de transformación (fibras transitorias). De hecho, es necesario examinar la estructura íntima de la miosina para comprender bien las diferencias.

CLASIFICACIONES	Ogata 1958	Intermedia	Roja	Blanca
	Engel 1962	I		II
	Stein y Padykula	B	C	A
	Guth y Samaha, 1969	β : álcali-sensible	$\alpha\beta$	α : ácido-sensible
	Burke 1967, 1973	S	FR*	FF
	Peter y col., 1972	SO	FOG	FG
	Brooke y Kaiser, 1970	I	IIA	II B II C
Técnicas utilizadas	Diferentes clasificaciones miotipológicas y características principales de cada tipo de fibra (hombre)			
Histología Microscopía óptica	Contenido en mioglobina	Elevado	Intermedio	Bajo
	Red capilar por unidad de superficie	+++	++	+
	Díámetro μ	+ +++	+++ ++	++ +
Microscopía electrónica	Contenido en mitocondrias	Muy elevado	Elevado	Bajo
	Densidad del retículo	Red difusa		Red compacta
	Banda Z	Larga		Fina
Estimulación repetida Depleción del glucógeno	Resistencia a la fatiga	Elevada	Media	Baja
	Concentración de glucógeno	Variable	Variable	Fuerte
Microscopía electrónica	Concentración de triglicéridos	Fuerte	Intermedio	Baja
Precipitación de iones fosfato	Metabolismo dominante	Oxidativo	Mixto	Glucólisis anaerobia
	Velocidad de contracción	Baja	Grande	Grande
	Actividad ATP asa	+	+++	+++ +++
Inmunohistoquímica	Miosina antirrápida Miosina antiblanca	O	++	++ +
	Miosina antilenta Miosina antirroja	++	O	O +

S: Lenta FF: Rápida fatigable FR: Rápida resistente (a la fatiga) SO: Lenta oxidativa FG: Rápida glucolítica OG: Rápida oxidativa glucolítica

Tabla 2. Las clasificaciones de las fibras musculares (según Marini, 1981).



Figura 68. La miosina en función de las fibras (según Howald, 1984).

La estructura interna de la miosina

La figura 69 nos muestra la situación de la miosina en la estructura del músculo.

Podemos distinguir sucesivamente:

- el músculo
- la fibra
- la miofibrilla
- el sarcómero
- los filamentos de actina-miosina

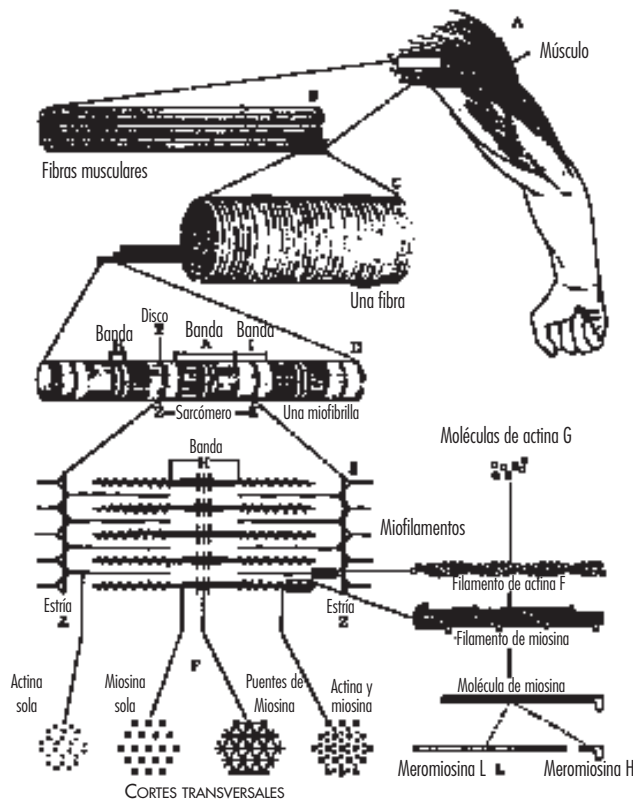


Figura 69. La estructura íntima del músculo (según Hould, 1982).

LA MOLÉCULA DE MIOSINA

Está compuesta de dos partes:

- Una cabeza
- y una cola.

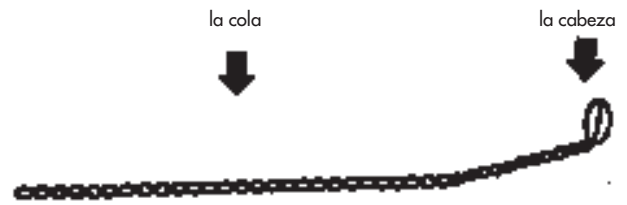


Figura 70. Estructura esquemática de la miosina (según Brooke, 1984).

La cola está constituida por 2 cadenas largas enrolladas una alrededor de la otra que se separan de un lado de la cabeza para combinarse en 2 cadenas ligeras.

La miosina se compone por otra parte de 2 tipos de meromiosinas:

- una meromiosina ligera (LMM= light meromyosin)
- una meromiosina pesada (HMM= heavy meromyosin) (fig. 71).



Figura 71. Las 2 meromiosinas constituyen la miosina (según Lowey y col., 1969).

La frontera entre las dos se sitúa sobre los 2/3 de la cola.

La meromiosina pesada se compone de 3 fragmentos:

- 2 fragmentos S1 simétricos que constituyen juntos la cabeza;
- 1 fragmento S2 que los incorpora al resto de la molécula.

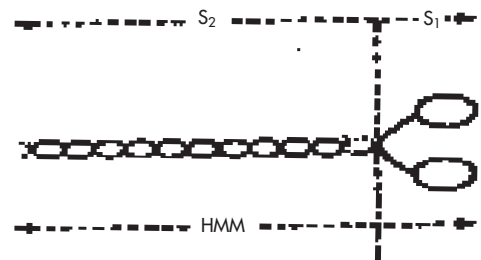


Figura 72. Las dos partes de la HMM.

Si miramos más de cerca la HMM (fig. 73), observamos la disposición de las cadenas pesadas y de las cadenas ligeras .

LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS FIBRAS

Parece que según Howald (1989) la miosina es uno de los lugares privilegiados de distinción entre las fibras. La tabla 3 muestra que las diferencias están al nivel de las cadenas pesadas y de las cadenas ligeras.

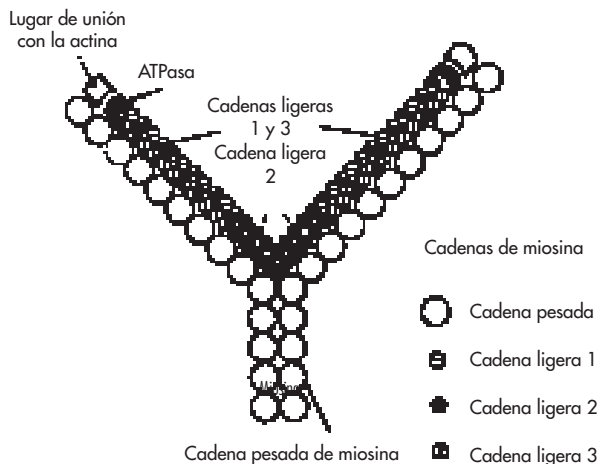


Figura 73. La disposición de las cadenas pesadas y de las cadenas ligeras de la miosina (según Brooks, 1984).

Fibras	I	IIC	IIA	IIB
Cadenas pesadas de miosina (HC)	S	S + Fa	Fa	Fb
Cadenas ligeras (LC)	S1 + S2 (f1) (f1 + f2) (f1 + f2 + f3)	S1 + S2 f1 + f2 + f3	f1 + f2 + f3	f1 + f2 + f3

Tabla 3. Las diferencias entre las fibras al nivel de las cadenas pesadas y de las cadenas ligeras (según Howald, 1989).

Características	Tipo I	Tipo IIA	Tipo IIB
Denominación	Lentas	Rápidas	Rápidas
Contracción			
Vascularización			
Índice de fatigabilidad	0,8 - 1,2	0 - 0,8	
Esquema de la fatiga			
Glúcidos	+++	+++	+
Lípidos	+++	+	-
ATPasa	+	++	+++
Mioglobina	+++	++	+

Tabla 4a. Completa las características de las fibras.

Se observa al nivel de las cadenas pesadas (HC) que las fibras lentas (tipo I) incluyen cadenas lentas (S) y las fibras (tipo II) rápidas cadenas rápidas (F), en este caso Fa y Fb por las fibras IIa y IIb respectivamente. Las fibras IIc, por el contrario, incluyen las dos formas de cadenas pesadas (S y F).

En lo que concierne a las cadenas ligeras (LC), se observa que todas las fibras incluyen las 3 cadenas rápidas (f1, f2, f3). Por contra, sólo las fibras tipo I y las IIc están constituidas por cadenas lentas (S1 y S2).

Las diferencias entre las fibras son, pues, hoy muy precisas y no dependen únicamente de lo arbitrario de una coloración.

Las características de las fibras

Podemos, pues, completar las tablas 4a y 4b representando las características de las fibras:

Características	Tipo I	Tipo IIA	Tipo IIB
Velocidad de conducción del nervio (chat)	60 - 80 m/seg	80 - 100 m/seg	80 - 130 m/seg
Frecuencias	5 - 25 htz	60 - 70 htz	
Esquema (según Edington y Edgerton, 1976)			
Tamaño de una fibra	+	++	+++
Número de miofibrillas por fibras	+	40 - 88 min	+++
Tiempo de contracción	99 - 140 mseg	40-88 mseg	

Tabla 4b. Características de las unidades motoras (continuación).

Podemos constituir una tabla (5) todavía más precisa, de las propiedades de las fibras que descansan sobre una distinción realizada a nivel de las proteínas contráctiles con la ayuda de datos más recientes (Perry, 1985; Howald, 1989). Situamos primero estas proteínas en la estructura muscular (fig. 74).

Características	Tipo I	Tipo IIA
troponina C	lenta	rápida
troponina I	lenta	lenta
troponina T	lenta	rápida
tropomiosina	(α), β, γ, δ	α, β

Tabla 5. Distinción de las fibras a nivel de las proteínas contráctiles reguladoras (según Perry, 1985).

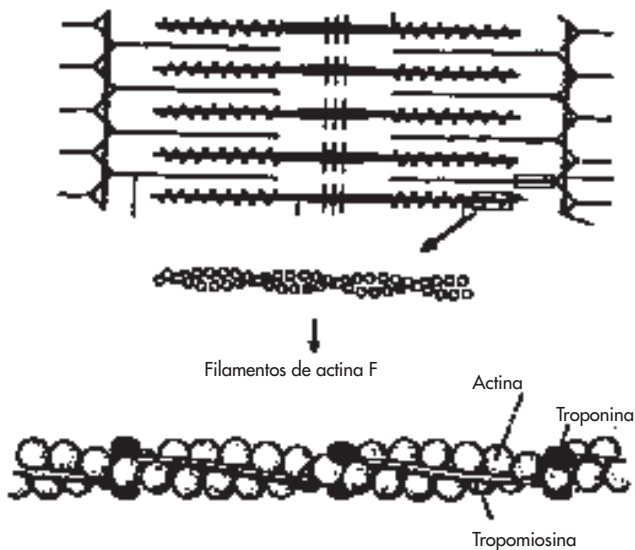


Figura 74. Las proteínas reguladoras en la estructura muscular.

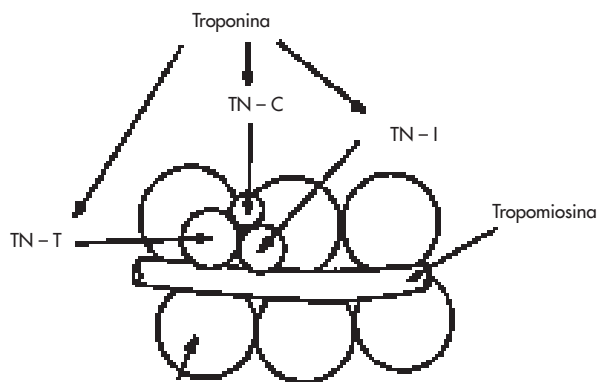


Figura 75. La troponina.

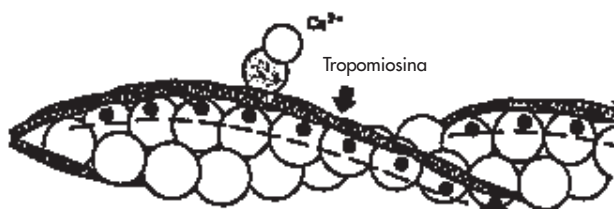


Figura 76. La tropomiosina.

Fibras musculares y entrenamiento

La cuestión fundamental del entrenamiento deportivo concierne a las fibras y su transformación. Se encuentra confrontado a una contradicción entre la fisiología fundamental y la fisiología aplicada al entrenamiento:

- de una parte, las fibras son extremadamente plásticas: nada impide su transformación.

- de otra parte, parece difícil e imposible transformar las fibras lentas en fibras rápidas.

Para resolver esta contradicción es necesario, pues, desarrollar ciertos conocimientos sobre las fibras y su transformación.

LAS EXPERIENCIAS DE INERVACIÓN CRUZADA

En el animal se ha demostrado gracias a las experiencias de inervación cruzada (Monmaert y col., 1977; Sreter y col., 1975) que se trasplante de un nervio lento a un músculo rápido transformaba este músculo en un músculo lento. Lo inverso es cierto igualmente. Resulta de estas experiencias:

- que las fibras musculares son de una plasticidad reversible;
- es la inervación la que determina las propiedades de las fibras.

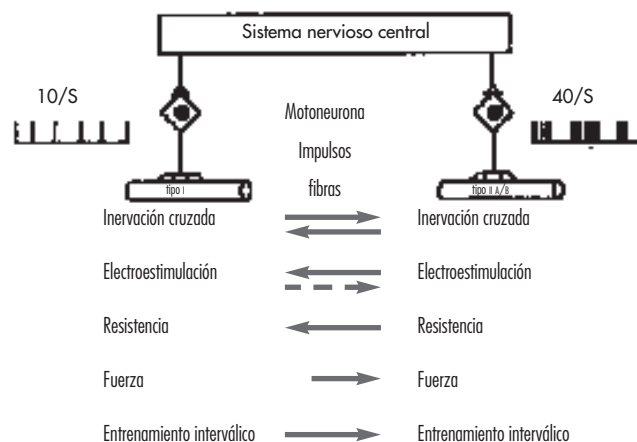


Figura 77. La plasticidad de las fibras y la influencia de la inervación (según Howald, 1989).

LAS EXPERIENCIAS DE ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA

Para reproducir artificialmente las frecuencias de que son objeto las fibras, algunos autores han utilizado la estimulación eléctrica. Se envía la mayor parte del tiempo una estimulación por medio del nervio. La ventaja de este método reside en la posibilidad de controlar el tiempo y la frecuencia de la estimulación. Los primeros estudios se hicieron sobre las propiedades contráctiles, las estructuras moleculares y las funciones metabólicas (Brown y col., 1976; Hudlika y col., 1977; Pete y col., 1973; Salomons y col., 1981). Howald (1989) menciona que una estimulación a 10 hertzios (10 impulsos por segundo) transforma en algunas semanas fibras de tipo II en fibras de tipo I (Jolesz y Sreter, 1981).

Una modificación en el sentido del tipo I hacia el tipo II es mucho más problemática. Según Howald, el problema no es tanto el enviar frecuencias elevadas como suprimir las frecuencias lentas que recibe el músculo sin interrupción en la vida cotidiana. La mayor parte del tiempo, en efecto, los músculos son solicitados por

niveles débiles de fuerza, las influencias de tipo "lento" dominan. Es ciertamente, según Howald, la razón principal de la dificultad del paso de fibras lentas hacia fibras rápidas.

LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

Si un entrenamiento de resistencia provoca un aumento de la proporción de fibras lentas (Green y col., 1984; MacDougall y col., 1986), se piensa que un entrenamiento de fuerza no permite obtener el efecto inverso, es decir, una disminución de la proporción de fibras lentas. En una experiencia de 6 meses de entrenamiento de fuerza, no han encontrado cambios en el porcentaje de las fibras (MacDougall y col., 1980). Constatan por otra parte (MacDougall y col., 1982,1984) que obtienen los mismos porcentajes de fibras en el bíceps y el tríceps de culturistas de alto nivel que entre los sedentarios a pesar de 7-8 años de entrenamiento realizado por los culturistas (fig. 78).

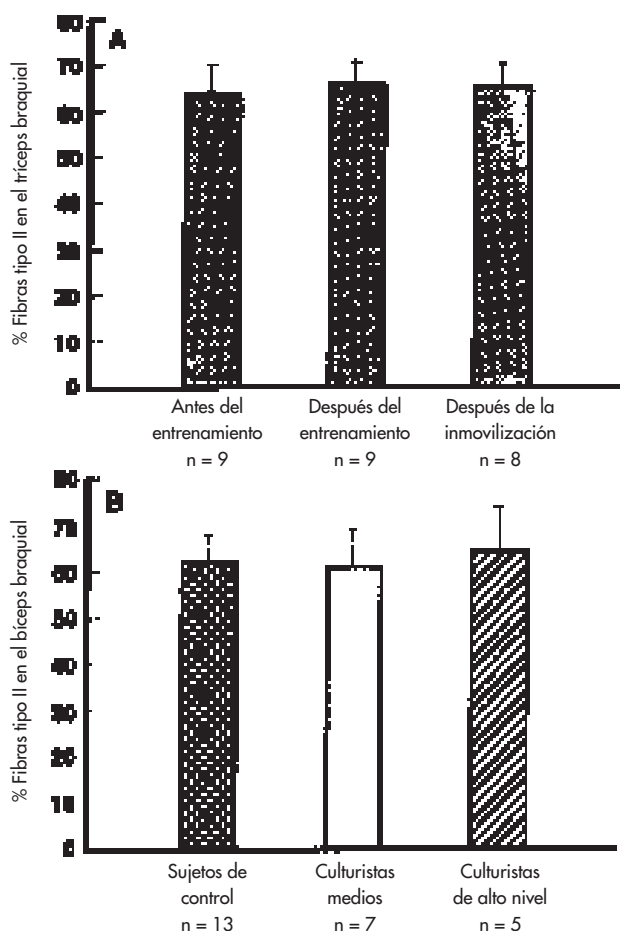


Figura 78.

- A. Porcentaje de fibras tipo II en el tríceps braquial de 9 sujetos antes y después de 6 meses de entrenamiento con cargas pesadas y después de 6 semanas de inmovilización del codo.
- B. Porcentaje de fibras de tipo II en el bíceps braquial en un grupo de sedentarios y un grupo de culturistas medios, y un grupo de culturistas de alto nivel (según MacDougall y Col., 1982,1984).

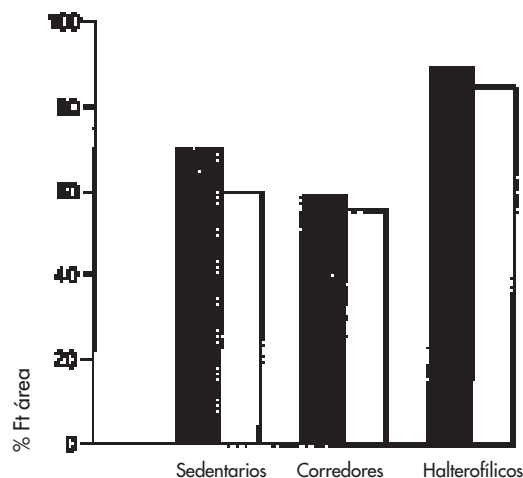


Figura 79. Porcentaje de la superficie de fibras rápidas en el vasto externo (oscuro) y el deltoides (claro) en los sedentarios, corredores de resistencia y halterofílicos (según Tesch y Karlsson, 1985).

Tesch (1987) matiza más: «Ha sugerido que un entrenamiento de halterofilia podía aumentar el número de fibras rápidas», pero constata que los estudios sobre este problema no acaban en conclusiones satisfactorias (Gollnick y col., 1972; Staron y col., 1984; Tesch y Karlsson, 1985). Sin embargo, como el atletismo exigen fuerza, potencia y velocidad, y son determinantes un alto porcentaje de fibras rápidas (Dons y col., 1979; Komi, 1984). Aunque un porcentaje elevado de fibras rápidas puede ser esencialmente debido a factores genéticos, la superficie ocupada por las fibras rápidas puede aumentar el 90% gracias al entrenamiento y esto a pesar de un número normal de fibras (Tesch y Karlsson, 1985) (fig. 79).

Encontramos entonces aquí la contradicción anunciada: ¿Por qué la transformación de las fibras no funciona en un sentido?

Encontramos la respuesta teórica en Howald (1989) y Schmidtbleicher (1986): en el curso de una sesión de musculación intensa de un grupo muscular dado (de una hora y media aproximadamente), las fibras rápidas no son solicitadas más que 7 a 10 min. (el resto del tiempo el sujeto relaja sus músculos o recupera). Durante el resto de la jornada los influjos recibidos por los músculos son de "tipo lento", se comprende entonces la desproporción. Los influjos rápidos están, pues, en una relación desfavorable comparados con los influjos lentos.

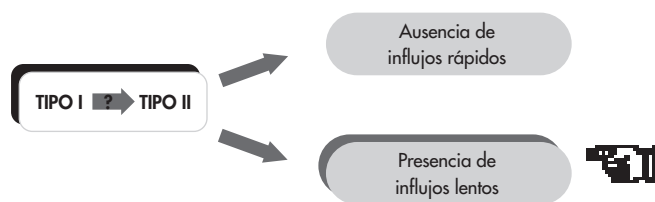


Figura 80. La causa de la dificultad de la transformación de las fibras "lentas" en "rápidas".

Estas constataciones han dado ideas a algunos autores que han intentado solicitar fibras rápidas durante más tiempo en una jornada?. Éste es el caso en las experiencias de Bosco con "sobrecarga" (Bosco y col., 1984). El principio de estas experiencias era lo siguiente: los sujetos estaban en una situación de hipergravedad y en este sentido llevaban chalecos ligeros del 13% de su peso corporal durante 3 semanas permanentemente mañana y tarde comprendido durante las sesiones de entrenamiento. Se les comparó con un grupo de control que efectuaba el mismo trabajo sin chaleco (figs. 81 y 82).

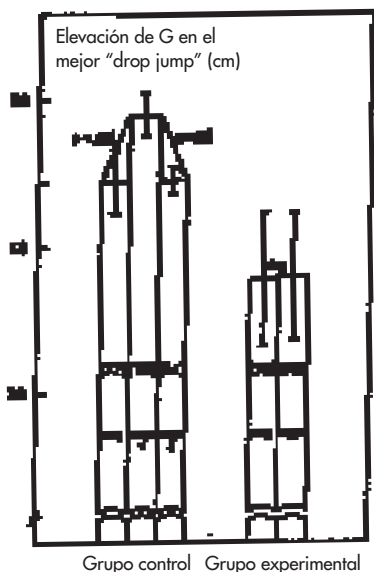


Figura 81. Resultado del drop jump antes (pre), después de 3 semanas de sobrecarga (post 1) y después de 4 semanas de supresión de la sobrecarga (post 2) (según Bosco y col., 1984).

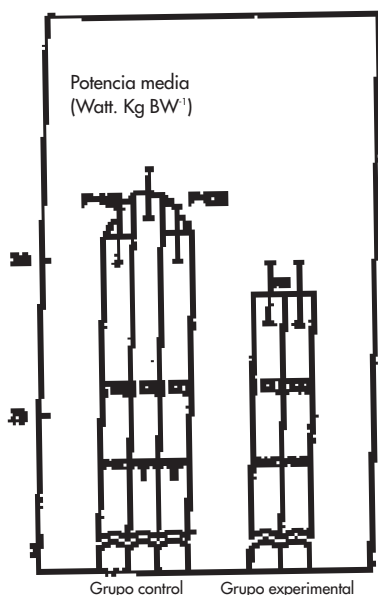


Figura 82. Progreso en el test de potencia de 15 segundos (antes, pre; después, post 1 y después de 4 semanas sin carga post 2) (según Bosco y col., 1984).

Conclusión sobre la transformación de las fibras:

Puede servir de esquema de Howald (1989) para resumir este problema.



Figura 83. Esquema de Howald sobre la conversión posible de las fibras.

La transformación en el sentido rápido hacia el lento parece pues admitida, pero es muy difícil ir en sentido inverso. Aunque la proporción de fibras rápidas varíe o no, el volumen de estas fibras aumenta y en consecuencia su eficacia es mayor. La experiencia de Hakkinen y col. (1981) muestra la evolución de la superficie de la sección de fibras lentas y fibras rápidas en el curso de 16 semanas de entrenamiento de fuerza y de 8 semanas de detención del entrenamiento (fig. 84). Se observa que el aumento de volumen de las fibras es más importante en la 2.ª parte del entrenamiento y vemos que las fibras rápidas pierden rápidamente el volumen cuando el entrenamiento se detiene.

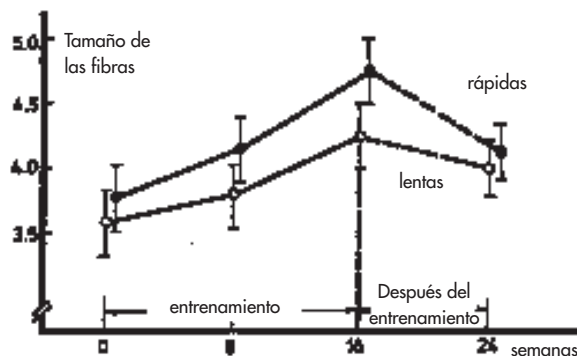


Figura 84. Evolución del volumen de las fibras rápidas y lentas como consecuencia de 16 semanas de entrenamiento y de 8 semanas de detención del entrenamiento (según Hakkinen y col., 1981).

CONSECUENCIAS PRÁCTICAS

Para esperar una sollicitación eficaz de las fibras rápidas, es necesario crear en el músculo tensiones máximas; para esto hay que utilizar, por ejemplo, cargas importantes (pesadas) superiores al 80% del máximo. Si las cargas no son suficientemente pesadas, el atleta se expone a no hacer intervenir las fibras IIb. Éste es el riesgo que se produce en el caso del entrenamiento explosivo, por lo que sugerimos conectar en la medida de lo posible el entrenamiento explosivo con el trabajo pesado.

El reclutamiento de las fibras

BASES TEÓRICAS

Para comprender mejor la afirmación precedente es necesario ayudarse de la explicación del reclutamiento de las fibras musculares. Volvemos más en detalle al curso de los fenómenos nerviosos. Vamos a contentarnos con una explicación global sirviéndonos del esquema de Costill (1980).

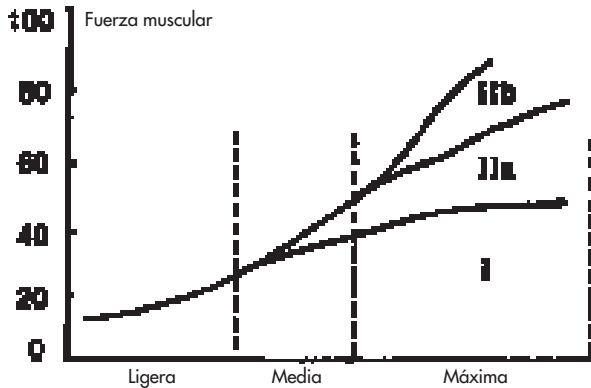


Figura 85. Esquema de reclutamiento de las fibras en función de la intensidad de la carga (según Costill, 1980).

Con una carga ligera sólo intervienen las fibras I. Con una carga media, se activan las I y las IIa; sólo con una carga máxima se reclutan las fibras IIb.

CONSECUENCIAS PRÁCTICAS

El trabajo con cargas pesadas es fundamental para activar las fibras rápidas. La activación de las fibras rápidas va a ser, pues, beneficiosa para mejorar la velocidad, aunque el atleta efectúe movimientos lentos. Él ejecuta por tanto un trabajo positivo para los movimientos rápidos.

Hoy no puede hacerse un entrenamiento orientado hacia la velocidad sin ejercicios de cargas pesadas.

Fibras musculares y rendimiento

Numerosas investigaciones han estudiado las correlaciones entre los resultados deportivos de velocidad, de fuerza explosiva y el porcentaje de fibras rápidas.

CURVA VELOCIDAD-FUERZA Y PORCENTAJE DE FIBRAS RÁPIDAS

La velocidad de un miembro es grande pero es difícil producir una fuerza importante. Cuando el número de fibras rápidas es elevado para una misma velocidad, la fuerza producida es superior (Coyle y col., 1979).

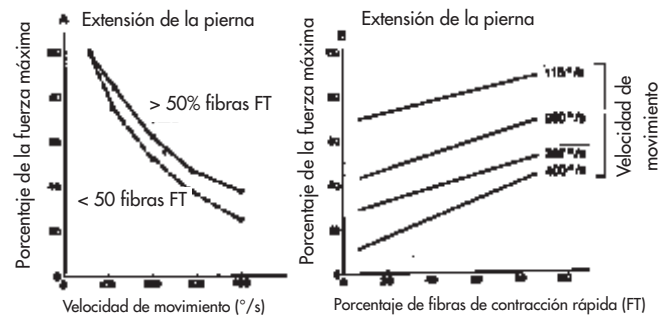


Figura 86. Relación fuerza-velocidad:

- La fuerza y la velocidad de la extensión de la rodilla entre dos grupos de sujetos (+ del 50% y - de 50% de fibras rápidas).
- Cualquiera que sea la velocidad del movimiento, más importante es el porcentaje de fibras rápidas, más grande es la fuerza desarrollada (Coyle y col., 1979).

CURVA FUERZA-VELOCIDAD Y ESPECIALIDAD

Si se comparan deportes de disciplinas diferentes sobre el parámetro de la curva entre la velocidad y la fuerza que se produce en el caso de la extensión de la rodilla (Thortensson y col., 1977), se observan algunas diferencias significativas (fig. 87).

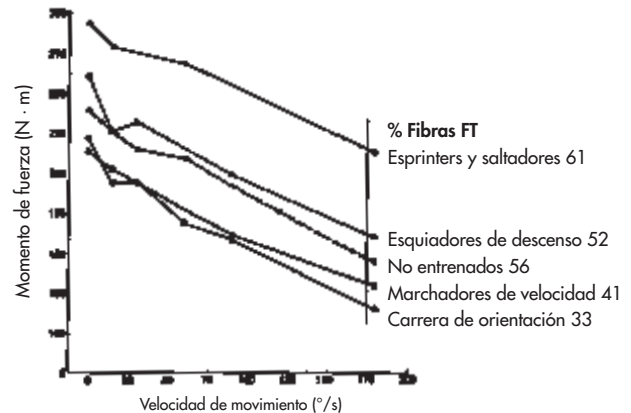


Figura 87. Relación fuerza-velocidad en diferentes grupos de atletas sobre un ejercicio de extensión de la pierna (según Thortensson y col., 1977).

FIBRAS RÁPIDAS Y FUERZA EXPLOSIVA

Bosco y Komi (1979) han estudiado la reacción sobre la plataforma de fuerza de dos grupos de sujetos: sujetos con más del 60% de fibras rápidas y sujetos con menos del 40%. La figura 88 expresa la presión vertical sobre la plataforma en el curso de un squat jump.

La diferencia entre los dos grupos aparece claramente: el grupo "fibras rápidas" presenta un perfil de desarrollo de la fuerza más eficaz (un pico máximo más elevado y una duración más corta).

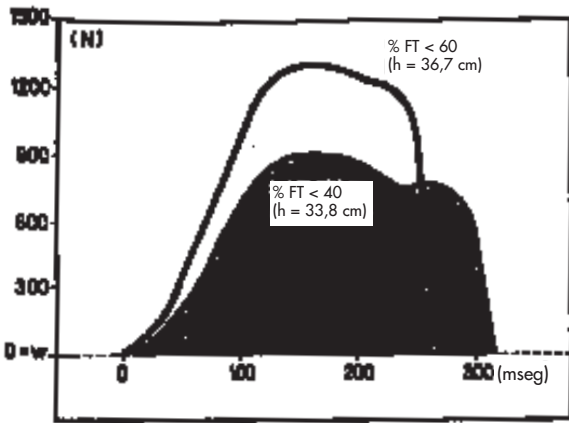


Figura 88. Medida de las presiones verticales sobre la plataforma de fuerza de un squat jump en 2 grupos de sujetos (según Bosco y Komi, 1979).

TIPOS DE FIBRAS Y ESPECIALIDADES

Es bastante corriente en las obras de fisiología deportiva encontrar tablas que ilustran la proporción de fibras rápidas y lentas en función de las disciplinas deportivas practicadas. Estos estudios se hacen a partir de biopsias practicadas sobre el músculo vasto externo del cuádriceps de los atletas y son de alcance limitado, pues ellos no nos enseñan nada sobre el efecto del entrenamiento. Los resultados confirman en general la buena dirección. En efecto, las disciplinas "explosivas" son las que exigen el más alto porcentaje de fibras rápidas. Mostramos un ejemplo de este tipo de estudios en la figura 89 (según Fox y Mathews, 1984).

El estudio de Saltin y col. (1977) es más significativo (fig. 90). Muestra la distribución de las fibras del músculo vasto externo de 45 chicas y 45 chicos de 16 años. Se comprobó que la distribu-

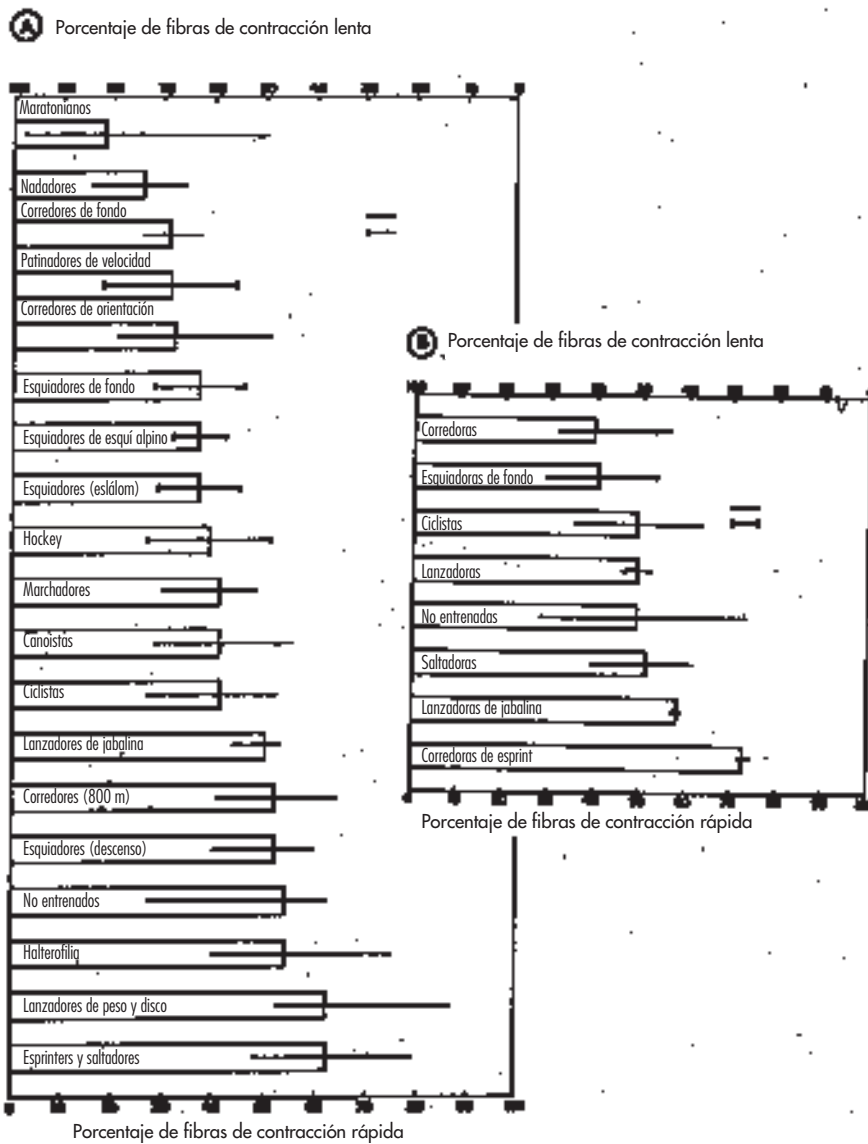


Figura 89. Comparación de varias disciplinas según el porcentaje de fibras rápidas en los hombres (A) y en las mujeres (B) (según Fox y Mathews, 1984).

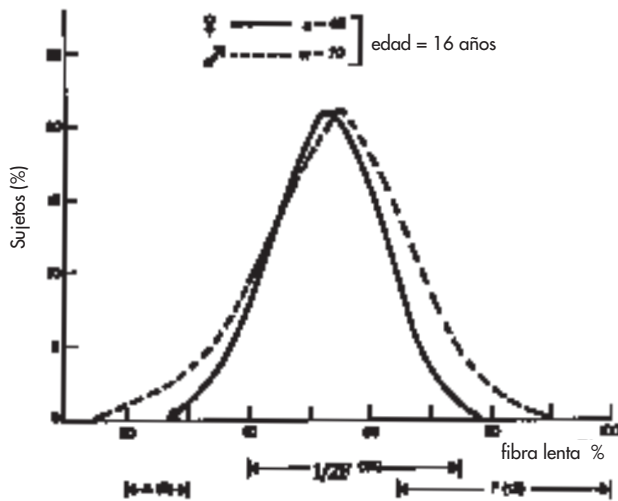


Figura 90. Reparto de las fibras musculares del músculo vasto externo de 45 chicas y 70 chicos de 16 años. Las flechas horizontales indican la horquilla de dispersión de fibras de las 5 esprinters, 24 corredores de medio fondo y 13 corredores de fondo de sexo masculino (según Saltin y Gollnick, 1977).

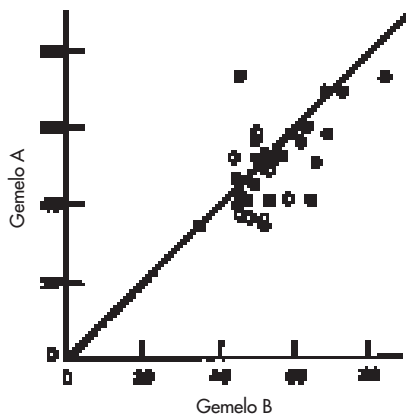


Figura 91. Porcentaje de fibras lentas del músculo vasto externo de gemelos monocigotos (puntos negros) y dicigotos (puntos blancos) de sexo masculino o femenino. El hecho de que los puntos negros estén muy próximos a la línea de identidad muestra que los gemelos monocigotos tienen una distribución de fibras idénticas. Éste no es el caso de gemelos dicigotos (según Komi y col., 1977).

ción de los sujetos es gaussiana. Las flechas horizontales delimitan el reparto en 3 categorías de sujetos masculinos (S = esprint; Mf = 1/2 fondistas; F = fondistas). Está claro que los sujetos se reparten en función de su especialidad.

La cuestión que nos queda por resolver es si los porcentajes anunciados son el resultado del entrenamiento o si son esencialmente controlados por factores genéticos. Las experiencias hechas sobre los gemelos mono y dicigotos muestran que la distribución de las fibras está ampliamente controlada por los factores genéticos (Komi y col., 1977) (fig. 91) y no será modificada por el entrenamiento (Gollnick y col., 1973; Edgerton, 1976).

Esto reúne las referencias más profundas hechas a los trabajos de MacDougall y col. (1980, 1982 y 1984), en contra de lo que había dicho Tesch (1987) de que la relación de fibras depende del entrenamiento.

La diferenciación de las fibras en los primeros años de vida

Saltin y Gollnick (1983) han estudiado en los fetos y en el niño la evolución de la proporción de las fibras. Se comprueba en la figura 92 que durante el período fetal las fibras son todas indiferenciadas (Iic). Las primeras fibras I aparecen sobre la vigesimo-primer semana y las primeras fibras II sobre la trigésima semana de vida intrauterina. Al final del primer año de vida la diferenciación es casi completa.

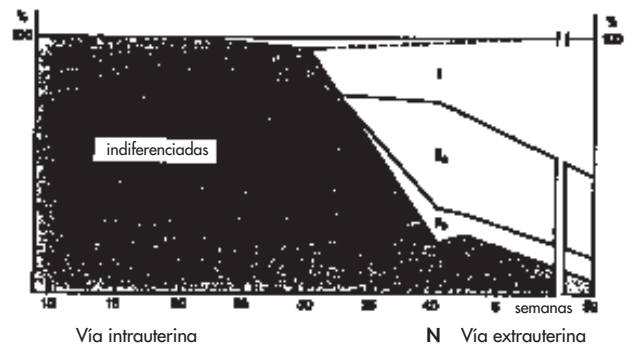


Figura 92. La diferenciación de las fibras en el período pre y post-natal (según Saltin y Gollnick, 1983). N = nacimiento.

El reparto de las fibras en función de los músculos

Los diferentes músculos del cuerpo humano no tienen la misma proporción de fibras lentas y rápidas. La tabla 6 muestra ejemplos del reparto.

	Gemelo	Vasto externo	Sóleo	Tríceps braquial	Bíceps braquial	Deltoides
Biopsias %	54	57	72	40	-	-
Autopsia %	53	43	89	34	54	61

Tabla 6. Porcentaje de fibras lentas (tipo I) en ciertos músculos humanos (según Saltin y Gollnick, 1983). Se constata que el sóleo es un músculo "lento", el tríceps braquial es un músculo "rápido". Los otros músculos son mixtos (aproximadamente 50% de los dos tipos de fibras).

Resumen sobre las fibras

La figura 93 recoge los puntos esenciales de los conocimientos actuales sobre las fibras.

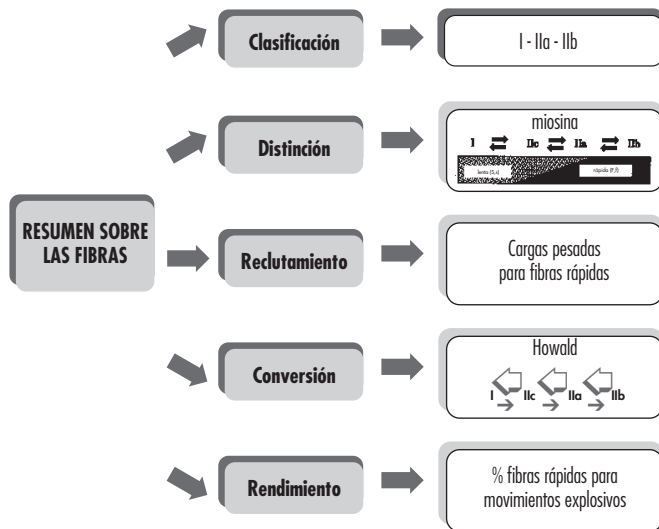


Figura 93. Resumen de datos sobre las fibras.

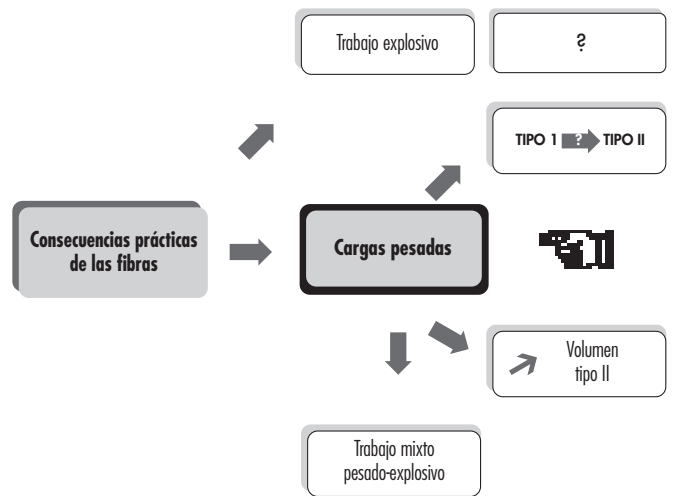


Figura 94. Esquema de los resultados prácticos en la sollicitación de las fibras rápidas.

Consecuencias prácticas sobre las fibras musculares

Se ve, entonces, como lo muestra la figura 94, que para trabajar con fibras rápidas (que son esenciales en el trabajo de

fuerza) hace falta crear en el músculo tensiones máximas. Es el mejor método para trabajar con cargas pesadas. El trabajo explosivo es controvertido en cuanto a su eficacia sobre las fibras rápidas; nosotros proponemos el trabajo mixto "pesado-explosivo".



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LAS FIBRAS



BOSCO, C.; ZANON, S.; RUSKO, H.; DAL MONTE, A.; BELLOTI, P.; LATTE-RI, F.; CANDELORO, N.; LOCATELLI, E.; AZZARO, E.; POZZO, R. and BONOMI, S. (1984): The influence of extra-load on the mechanical behavior of skeletal muscle, *European Journal of Applied Physiology*, 53, 149-154.

BROOKS, A.G. and FAHEY, T.D. (1984): *Exercise physiology. Human Bioenergetics and its applications*. John Wiley and Sons. New York.

BROWN, P.; COTTER, M.A.; HUDLIKA, O.; VRBOVA, G. (1976): The effects of different patterns of muscle activity on capillary density, mechanical properties and structure of slow and fast rabbit muscle, *Plügers Arch.* 361, 241-250.

COYLE, E.F.; COSTILL, D.L., and LEMES, G.R. (1979): Leg extension power and muscle fibres composition, *Medicine and Science and Sport*, 11, 1, 12-15.

DONS, B.; BOLLERUP, K.; BONDE-PETERSEN, F.; HANCKE, S. (1979): The effect of weight-lifting exercise related to muscle fiber compo-

sition and muscle cross-sectionnal area in human, *European journal of applied Physiology*, 40, 95-106.

EDGERTON, V.R. (1976): Neuromuscular adaptation to power an endurance work, *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, A, 49-58.

GOLLNICK, P.D.; AMSTRONG, R.B.; SAUBERT, C.W.; PIEHL, K. and SALTIN, B. (1972): Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men, *Journal of applied physiology*, 33, 312-319.

GOLLNICK, P.D.; AMSTRONG, R.B.; SALTIN, B.; SAUBERT, C.W.; SEMBROWSKI, W.L. and SHEPHERD, R.E. (1973): Effect of training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle, *Journal of applied Physiology*, 34, 107-111.

GREEN, H.J.; KLUH, G.A.; REICHMAN, H.; SEEDORF, U.; WIEHRER, W. and PETTE, D. (1948): Exercise-induced fibre transitions with regard to myosin, parvalbumin and sarcoplasmic reticulum in muscle of the rat, *Plügers Arch.*, 400, 432-438.

- HOWALD, H. (1984): Transformation morphologiques et fonctionnelles des fibres musculaires, provoquées par l'entraînement, *Rev. Méd. Suisse Romande*, 104, 757-769.
- HOWALD, H. (1989): Veränderung der Muskelfasern durch Training, *Leistungssport*, 2, 89, 18-24.
- HUDLIKA, O.; BROWN, M.D.; COTTER, M.; SMITH, M. and VRBOVA, G. (1977): The effect on long-term stimulation of fast muscles on their blood flow, metabolism and ability to withstand fatigue, *Plügers Arch.* 369, 141-149.
- JOLESZ, F. and SRETER, F.A. (1981): Development, innervation and activity pattern induced changes in skeletal muscle, *Annual Rev. Physiol.*, 43, 531-552.
- KOMI, P.; VIITASALO, J.H.T.; HAVU, M.; THORSTENSSON, A.; SJÖDIN, B.; and KARLSSON (1977): Skeletal muscle fibres and muscle enzyme activities in monozygous and dizygous twins of both sexes, *Acta Physiologica Scandinavica*, 100, 385.
- KOMI, P.; KARLSSON, L. (1979): Physical performance, skeletal muscle enzyme activities and fiber types in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta physiologica Scandinavica, suppl.* 462.
- KOMI, P. (1984): Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effect of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed; en Terjung, *Exercise and sport science reviews*, 12, 81-121.
- MARINI, J.F. (1981): Contribution à l'étude des incidences de deux formes d'entraînement sur les caractéristiques histochimiques et mécaniques du muscle strié squelettique D.E.A. *université de technologie de Compiègne*.
- MOMMAERT, W.; SERAYDARIAN, K.; SUH, M.; KEAN, K.; and BÜLLER, A. (1977): The conversion of some biochemical properties of mammalian skeletal muscles following cross-reinnervation, *Exp. Neurol.*, 55, 637-653.
- PERRY, S.V. (1985): Properties of the muscle proteins: A comparative approach, *Journal of Experimental Biology*, 115, 31-42.
- PETTE, D.; SMITH, M.E.; STAUDE, H.W.; VRBOVA, G. (1973): The effect on longterm electrical stimulation on some contractile and metabolic characteristics of fast rabbit muscle, *Plügers Arch.*, 338, 257-272.
- PETTE, D.; HENRIKSSON, J.; EMMERICH, M. (1979): Myofibrillar protein patterns of single fibres from human muscle, *FEBS Letters*, 103, 152-155.
- SALMONS, S.; HENRIKSSON, J. (1981): The adaptative response of skeletal muscle to increased use, *Muscle Nerve*, 4, 94-105.
- SALTIN, B. and GOLLNICK, P.D. (1983): Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance, *Handbook of Physiology, Skeletal muscle*, The American Physiological society, Bethesda, M.D.
- STARON, R.S.; HIDIKA, R.S.; HAGERMAN, F.C.; DUDLEY, G.A. and MURRAY, T.F. (1984): Human skeletal muscle adaptability to various workloads, *Journal Histochem. Cytochem.* 32, 146-152.
- TESCH, P.A. (1987): Acute and long-term metabolic changes consequent to heavy resistance exercise, *Medicine Sport Sciences*, 26, 67-89.: Karhger (Basel).
- TESCH, P.A. and LARSSON, L. (1985): Muscle fiber types and size in trained and untrained muscles of elite athlete, *Journal of Applied Physiology*, 59, 1.716-1.720
- THORSTENSSON, A.; LARSSON, L.; TESCH, P. and KARLSSON, J. (1977): Muscle strength and fiber composition in athletes and sedentary men, *Medicine and Sciences in Sport*, 9, 26-30.
- WHALEN, R.G. (1985): Myosin isoenzymes as molecular markers for muscle physiology, *Journal of Experimental Biology*, 115,

LOS SARCÓMEROS

Una de las modificaciones estructurales importantes del músculo reside en la multiplicación del número de sarcómeros. Este aumento se basa en la multiplicación del número de sarcómeros y puede hacerse de dos maneras:

- En paralelo: ya analizamos este caso al hablar de la hipertrofia. Este fenómeno está claramente admitido como resultado del entrenamiento de la masa muscular.
- En serie: en el animal existen pruebas argumentativas del número de sarcómeros en serie después de la inmovilización muscular con el músculo en posición estirado.

El aumento de los sarcómeros en serie

Nosotros hablaremos aquí del aumento en serie. Son Tabarys y Tardieu (1972) y Goldspink (1985) quienes han estudiado este fenómeno en el animal. Goldspink muestra cómo un músculo in-

movilizado en una posición de estiramiento es susceptible de aumentar sus sarcómeros en serie en una proporción importante, puesto que del 20% al 30% de los sarcómeros suplementarios aumentan en número. Inversamente, en una posición de contracción, las fibras musculares pueden perder también de un 20% a un 30% de sus sarcómeros. El músculo tiene así la posibilidad de adaptarse a su estiramiento funcionalmente. Esta modificación es rápida y completamente reversible (Williams y Goldspink, 1973). Los sarcómeros que aumentan aparecen en las extremidades de las miofibrillas. Recordemos siempre que los estudios se refieren al animal en situación de inmovilización.

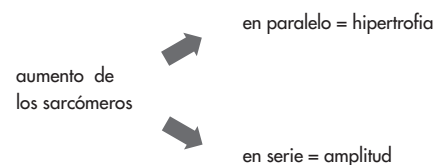


Figura 95. Aumento del número de sarcómeros.

Sarcómeros en serie y sarcómeros en paralelo

¿Son entrenables en el plano funcional las modificaciones del aumento del número de sarcómeros en serie y en paralelo? Edgerton y col. (1986) proponen una explicación interesante; la figura 96 nos muestra las influencias de la disposición de 2 sarcómeros sobre la eficacia mecánica de la fibra.

Se observa que la disposición de los sarcómeros en paralelo multiplica la tensión por 2; éste no es el caso de la disposición en serie que aumenta la velocidad de contracción y el desplazamiento.

Consecuencias prácticas

Hace falta ser extremadamente prudente para sacar conclusiones sobre el plano práctico. Nada es demostrable en el hombre, tampoco no se puede dar consejos sin pruebas de su eficacia. Durante un entrenamiento de fuerza, hay que hacer funcionar los músculos en su máxima amplitud. Éste no es el caso forzosamente en las actividades deportivas.

Es necesario, pues, mezclar los ejercicios de entrenamiento a este efecto. Es decir, efectuar ejercicios activando los músculos en su máxima amplitud. Los ejercicios de estiramiento son igualmente interesantes. El mejor equilibrio está en combinar sistemáticamente musculación y estiramiento.

PROPIEDADES MECÁNICAS

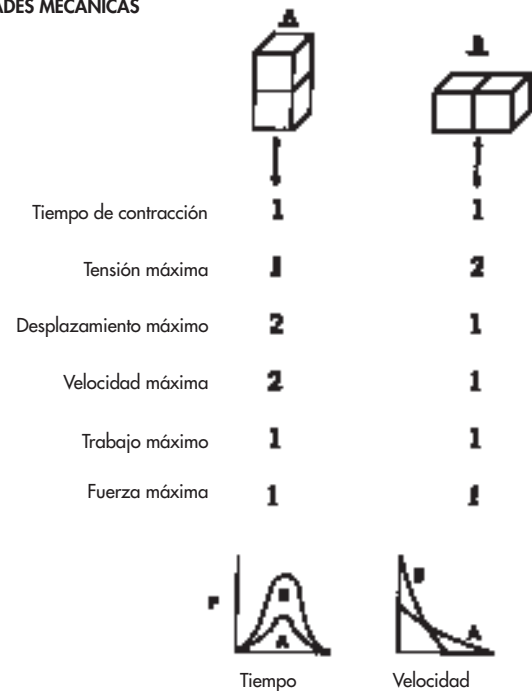


Figura 96. Dos uniones de sarcómeros y su influencia sobre las propiedades mecánicas. Debajo están representadas las propiedades isométricas e isotónicas sobre las gráficas en las posiciones A y B (según Edgerton, 1986).



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS SARCÓMEROS



EDGERTON, V.R.; ROY, R.R.; GREGOR, R.J. and RUGG, S. (1986): Morphological basis of skeletal muscle power output, in Human Muscle Power, Jones. Human Kinetics, 43-59.

GOLDSPIK, G. (1985): Malleability of the motor system: a comparative approach, *Journal of experimental Biology*, 115, 375-391.

TABARY, J.C.; TABARY, C.; TARDIEU, C.; TARDIEU, G.; and GOLDSPIK, G.

(1972): Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster cast, *Journal of Physiology, Lond.*, 224, 231-244.

WILLIAMS, P. and GOLDSPIK, G. (1971): Longitudinal growth of striated muscle fibers, *J. Cell Sci.* 9, 751-767.

WILLIAMS, P. and GOLDSPIK, F. (1973): The effect of immobilization on the longitudinal growth of striated muscle, *J. Anat.* 116, 45-55.

LOS FACTORES NERVIOSOS

LA PRUEBA DE SU INTERVENCIÓN

La fuerza aumenta cuando el músculo crece, pero ¿cuáles son las pruebas de intervención de otros mecanismos? Sale (1988) distingue varios argumentos que justifican la intervención de otros factores.

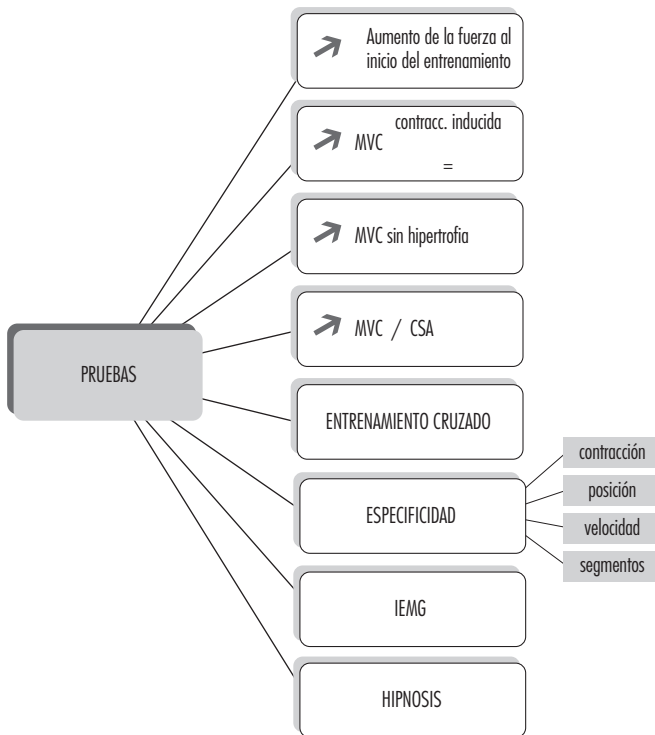


Figura 97. Las pruebas de la intervención de los factores nerviosos.

El rápido desarrollo de la fuerza al inicio del entrenamiento

Whitley y Elliot (1968) muestran una ganancia de fuerza desde la primera sesión; está excluido que ello se deba a una transformación de la estructura del músculo.

Aumento de la contracción voluntaria y no de la contracción involuntaria

En programas de entrenamiento relativamente cortos (de 5 a 8 semanas), la fuerza voluntaria aumenta y la fuerza inducida (por estimulación eléctrica) no varía tanto al nivel de la sacudida máxima como al de la tensión tetánica (Davies y Young, 1983; McDonagh, Hayward y Davies, 1983). La contracción inducida por estimulación eléctrica expresa para estos autores la manifes-

tación de la fuerza “bruta” del músculo debido a su propia estructura.

Sobre un período más largo, la fuerza inducida aumenta igualmente. Para Liberson y Asa (1959) el porcentaje de aumento de la fuerza “voluntaria” es dos veces superior al de la fuerza “inducida”, sugiriendo una adaptación “extramuscular”. En efecto, la fuerza inducida por electroestimulación aumenta muy poco, mientras que la fuerza voluntaria aumenta de manera más sensible. ¿De dónde viene esta diferencia? De la manera en que utilizamos el músculo, por la puesta en juego de los factores nerviosos.

Aumento de la fuerza voluntaria sin hipertrofia

Estudios sobre los entrenamientos de corta duración han mostrado ganancia de fuerza máxima sin aumento:

- *del volumen muscular*: es el caso de los estudios siguientes:
 - Dons, Bollerup, Bonde-Pedersen, y Hancke (1979).
 - Komi, Viitasalo, Rauramaa y Vihko (1979).
 - Liberson y Asa (1959).
 - Moritani y de Vries (1979).
 - Rose, Radzysinski y Beatty (1957).
 - Tanner (1952).
 - Tesch, Hjort y Balldin (1983).
 - Thorstensson, Hulten, Von Dohlen y Karlsson (1976).
- *o del volumen de las fibras*:
 - Costill, Coyle, Fink, Lesmes y Witzmann (1979),
 - Tesch y col., (1983),
 - Thortensson y col., (1976).

La relación MVC / CSA

MVC = Contracción máxima voluntaria

CSA = Sección muscular (área de la sección transversal)

En los estudios que han demostrado una hipertrofia, se habla de la proporción fuerza máxima sobre sección del músculo: MVC/ CSA. Todo aumento de esta proporción expresa una adaptación nerviosa, a menos que expliquemos esa ganancia muscular por una mejor “calidad” muscular, lo cual es casi improbable en función de las siguientes pruebas:

- Ikai y Fukunaga (1970) han demostrado que la proporción MVC/CSA aumenta entre los miembros entrenados, pero igualmente en los miembros no entrenados, lo que indica que los dos miembros han tenido una adaptación nerviosa.
- Para Dons y col. (1979), el aumento de esta proporción MVC/ CSA se expresa sobre los tests específicos (musculación); ese progreso no aparece en los tests no específicos (isométricos).

Para períodos de entrenamiento más largos (años de entrenamiento) la proporción anterior no tiende a aumentar; esto se debe a que la MVC, en el caso extremo de hipertrofia, disminuye a causa

del descenso de la densidad de las miofibrillas (McDougall, Sale, Elder y Sutton, 1982), lo que provoca una reducción de la tensión producida.

Se deduce que al principio del entrenamiento el aumento de la fuerza es debido a factores nerviosos y no a fenómenos musculares (Hakkinen y Komi, 1983). Se observa en una segunda etapa una adaptación muscular (expresándose principalmente por una hipertrofia). Si esta hipertrofia se lleva al máximo, resulta ineficaz. En efecto, la "calidad" de la contracción disminuye y la proporción MVC/CSA puede descender a valores inferiores a los medidos durante el período de preentrenamiento.

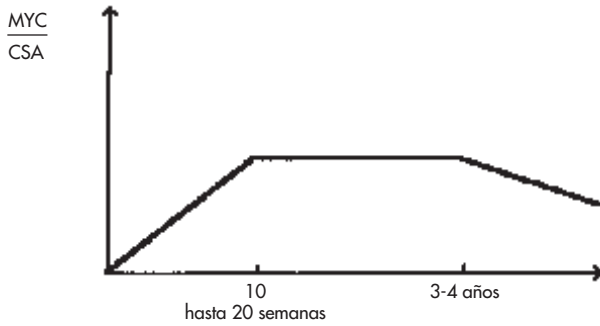


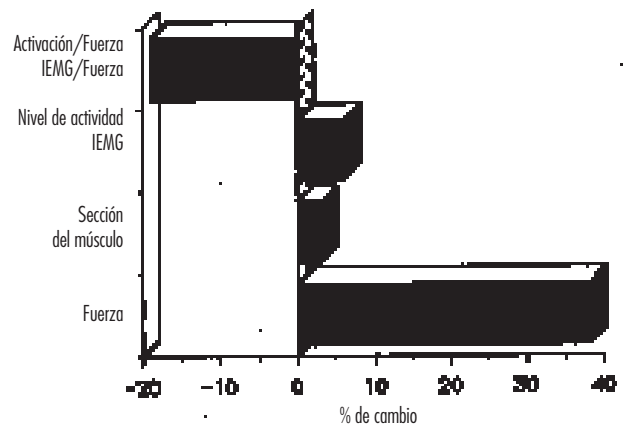
Figura 98. Evolución esquemática de la proporción MVC/CSA (eficacia de la contracción en función de la sección del músculo).

El efecto del entrenamiento cruzado

El entrenamiento de un miembro provoca una ganancia de fuerza del miembro opuesto no entrenado (Coleman, 1969; Ikai y Fukunaga, 1970; Moritani y de Vries, 1979; Houston y col., 1983; Komi y col., 1978), ello sin aumento de la masa, ni del volumen de las fibras, ni del valor obtenido durante la contracción inducida. La figura 99a muestra los resultados de la experiencia de Moritani y de Vries (1979). Para el brazo entrenado el aumento de la fuerza está acompañado de un aumento del electromiograma integrado (IEMG) y de un aumento de la masa muscular; el aumento del IEMG expresa una puesta en marcha más importante de los mecanismos nerviosos: reclutamiento y/o frecuencia. La fuerza, según se aprecia, aumenta igualmente en el miembro no entrenado, pero asociado únicamente a una ampliación del IEMG, lo que traduce el hecho de que "el efecto de entrenamiento cruzado" es el resultado de una adaptación nerviosa.

La figura 99 b representa la evolución del IEMG en función de la fuerza antes y después del entrenamiento. Se aprecia para el brazo entrenado una disminución de la pendiente que indica que para una misma fuerza la actividad nerviosa es menor; el progreso se debe en este caso a modificaciones estructurales a nivel muscular. Al menos, el grado de activación por fuerzas importantes ha aumentado, mostrando un progreso a nivel nervioso. Para el brazo no entrenado se constata únicamente una ganancia "nerviosa" no habiendo cambiado la curva.

Brazo entrenado



Brazo no entrenado

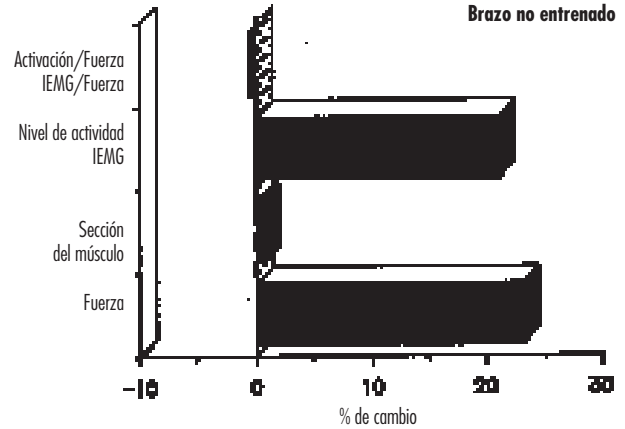


Figura 99a. Efecto de un entrenamiento de fuerza sobre el brazo entrenado y el brazo no entrenado (según Moritani y de Vries, 1979).

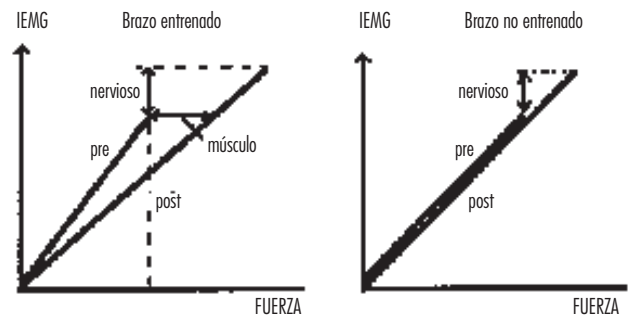


Figura 99 b. Resultados de un entrenamiento de fuerza sobre el brazo entrenado y el brazo no entrenado (según Moritani y de Vries, 1979).

La especificidad de los efectos del entrenamiento

Si la fuerza no se tradujera más que por una modificación de la estructura del músculo, toda ganancia de la fuerza se encontraría en condiciones de contracción diferentes (tipo de contracción,

posición, número de segmentos, etc.). Pero éste no es el caso. En efecto, cuando entrenamos a un atleta con un régimen de contracción dado, o en una posición determinada, la ganancia de fuerza es mayor cuando se valora en las condiciones del entrenamiento.

La especificidad se manifiesta de cuatro maneras:

- el tipo de contracción
- la posición de trabajo
- la velocidad de ejecución
- el número de segmentos

El tipo de contracción (concéntrica, isocinética, isométrica):

Un entrenamiento para halterofilia (que combine las contracciones excéntricas y concéntricas) da resultados sobre los movimientos halterofílicos (squat), pero no sobre el movimiento de los tests isométricos.

En la figura 100 constatamos una ganancia importante en squat, una ganancia más débil en el ejercicio de la presión isométrica y un progreso no significativo en el trabajo del cuádriceps. La actividad eléctrica del músculo en sedestación ha bajado igualmente (de manera no significativa).

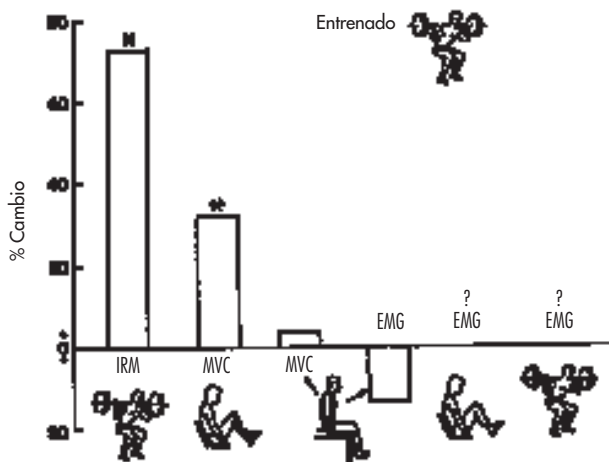


Figura 100. Efecto del entrenamiento sobre las diferentes medidas de fuerza voluntaria del IEMG después de 8 semanas de squat (Thorstensson y col., 1976).

La importancia de la posición:

En isometría la ganancia de fuerza es específica de la posición de trabajo: es a pesar de todo un dato clásico de la musculación isométrica demostrado por numerosos autores (Bender y Kaplan, 1963; Gardner, 1963; Linch, 1979; Meyers, 1967; Raitsin, 1974) en un trabajo clásico e igualmente en un trabajo de electroestimulación (Cabric, 1988).

En el caso de un trabajo isocinético, los efectos del entrenamiento son beneficiosos para la velocidad de ejecución utilizada. Un entrenamiento a poca velocidad provoca ganancias de fuerza para pequeñas velocidades y poco progreso para las velocidades

rápidas. Lo inverso es verdadero para las velocidades importantes (Caiozzo, Perrine y Edgerton, 1981; Coyle y col., 1981). Pero hay que tomar esta reflexión con prudencia. Esta reflexión sólo concierne al entrenamiento isocinético.

En fin, el efecto de la musculación es específico del número de miembros solicitados (entrenamiento uni o bilateral); así un entrenamiento con las dos piernas sincronizadas conlleva una ganancia superior en situación bilateral que en situación unilateral (Coyle y col., 1981).

Cambios electromiográficos debidos al entrenamiento

La electromiografía muestra las posibles evoluciones de la activación de las unidades motoras (reclutamiento y/o frecuencia) y constituye un medio de investigación esencial de los fenómenos nerviosos.

- *Primera utilización:* la curva fuerza - IEMG. Se construye la curva aumentando la fuerza y anotando el IEMG para cada valor de fuerza. En la figura 101 están representadas dos curvas (antes y después del entrenamiento); apreciamos que para la misma fuerza la actividad eléctrica necesaria es menor después de un entrenamiento, de donde se deduce que el trabajo de fuerza ha mejorado la eficacia "muscular" (sobre todo gracias al factor de la hipertrofia).

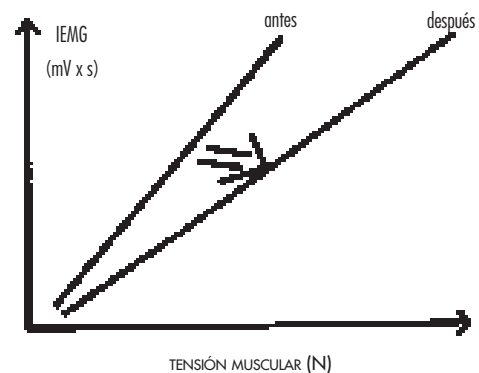


Figura 101. Representación esquemática de la curva fuerza-IEMG antes y después del entrenamiento (según Hakkinen y Komi, 1983).

- *Segundo ejemplo:* la observación del IEMG en las contracciones voluntarias breves. El IEMG aumenta con el entrenamiento de fuerza (Hakkinen y Komi, 1983) (fig. 102). Este aumento tiene lugar en las 3-4 primeras semanas.

Apreciamos en la figura 102 que durante el descanso del entrenamiento la pérdida de fuerza es en gran parte imputable a los fenómenos nerviosos (sobre todo al principio).

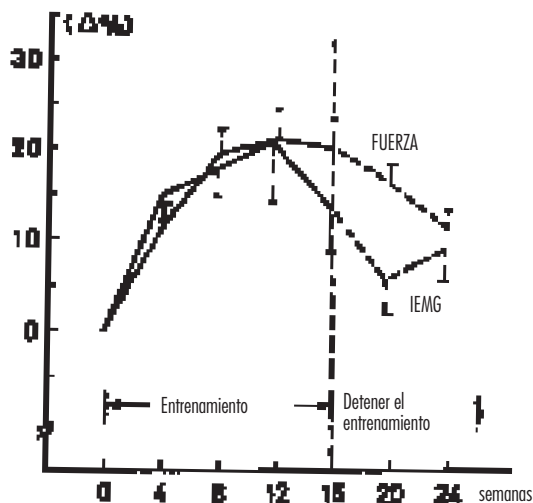


Figura 102. Modificación de la fuerza y del IEMG como consecuencia del entrenamiento de fuerza y del desentrenamiento (según Hakkinen y Komi, 1983).

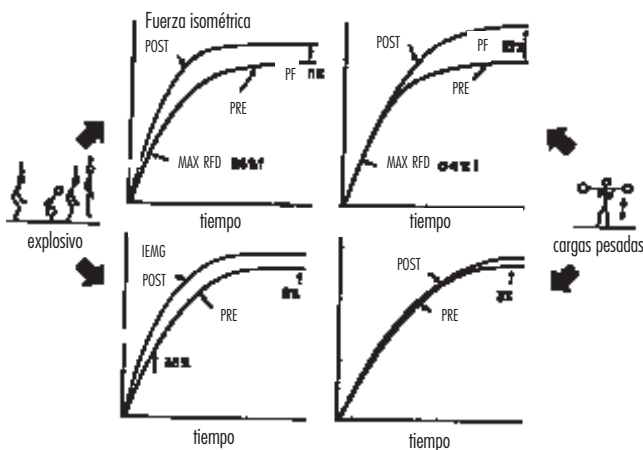


Figura 103. Efectos comparativos de un entrenamiento “explosivo” y de un entrenamiento con cargas pesadas sobre la curva fuerza-tiempo y sobre la curva EMG-tiempo de los extensores de la rodilla (según Hakkinen y col., 1985a b).

- Otro ejemplo de la utilización de la actividad electromiográfica (IEMG) se basa en la experiencia de Hakkinen (Hakkinen y col., 1985a; Hakkinen y col., 1985b) que compara un entrenamiento con carga y un entrenamiento “explosivo”. Los resultados aparecen en la figura 103, el trabajo explosivo aumenta la pendiente de la curva fuerza-tiempo (y el IEMG) al principio del desarrollo de la fuerza más que el trabajo con cargas máximas (11%).

El entrenamiento con cargas pesadas provoca un aumento importante de la fuerza máxima (27%), pero modifica poco la pendiente del aumento de la fuerza. En la curva del IEMG apreciamos

que el entrenamiento explosivo aumenta sobre todo la activación de las unidades motoras: el entrenamiento con carga provoca un aumento débil de la activación nerviosa que tiene lugar después en el desarrollo temporal.

Influencia de la hipnosis y de los estímulos sensoriales sobre la MVC

Ikai y Steinhaus (1961) han estudiado la influencia de la hipnosis sobre la fuerza de los halterófilos y de los sedentarios, y han encontrado que los sujetos en quienes menos ha aumentado su MVC son los halterófilos. Esto demostraría que los sujetos entrenados han utilizado ya una gran parte de su potencial nervioso en el entrenamiento.

NATURALEZA DE LOS MECANISMOS NERVIOSOS

Para Zatsiorski (1966), son de tres órdenes:

- el reclutamiento de las unidades motoras y la frecuencia de los impulsos;
- la sincronización de las unidades motoras;
- la coordinación intermuscular.

Se ha considerado durante mucho tiempo que el aumento de la fuerza era producido sucesivamente por: el reclutamiento, la frecuencia de los impulsos y finalmente la sincronización. Nos podríamos arriesgar así a esquematizar la cronología de esos fenómenos en la figura 104, atribuyendo a cada parámetro el porcentaje que le corresponde.

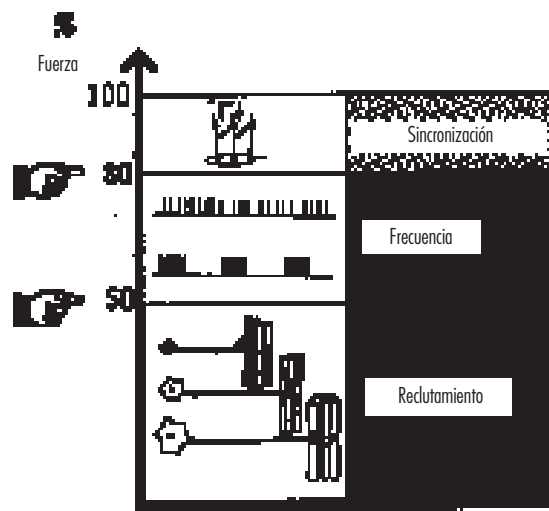


Figura 104. Esquematización clásica del papel respectivo del reclutamiento, de la frecuencia y de la sincronización en la dosificación de la fuerza.

Lamentablemente ese esquema se ha apreciado demasiado simple y en la realidad aparece mucho más complejo.

EL RECLUTAMIENTO DE LAS UNIDADES MOTORAS

Es de dos tipos:

- espacial y temporal.

Las unidades motoras

Descripción:

Liddel y Sherrington (1925) definen la unidad motora como constituida por:

- una motoneurona;
- y el conjunto de fibras musculares que inerva.

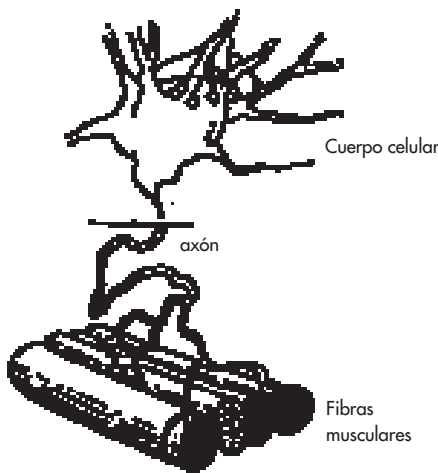


Figura 105. Representación esquemática de una unidad motora (según Edington y Edgerton, 1976).

Número de fibras por unidad motora

Es extremadamente variable: va desde 13 en los músculos extrínsecos del ojo hasta 1.730 aproximadamente para el sóleo (Albert).

Tensión desarrollada por una unidad motora

Es también dependiente del músculo considerado: va desde 50 gr de tensión tetánica para el bíceps a 0,1 para uno de los músculos del ojo.

Número de unidades motoras por músculo

La mayor parte de los músculos están constituidos por 100 a 700 unidades.

El reclutamiento espacial

PRINCIPIO GENERAL

Se explica por la ley de Henneman (1965). El reclutamiento está ordenado por el principio del tamaño o "size principle". Las primeras motoneuronas reclutadas son las motoneuronas de tamaño pequeño. Son las que tienen igualmente la velocidad de conducción más débil y que desarrollarán la tensión muscular más baja. El orden de reclutamiento de las unidades motoras es entonces el siguiente: UM I seguido de UM Ila finalizando con UM IIb (fig. 15 Costill p. 19 y fig. 106).

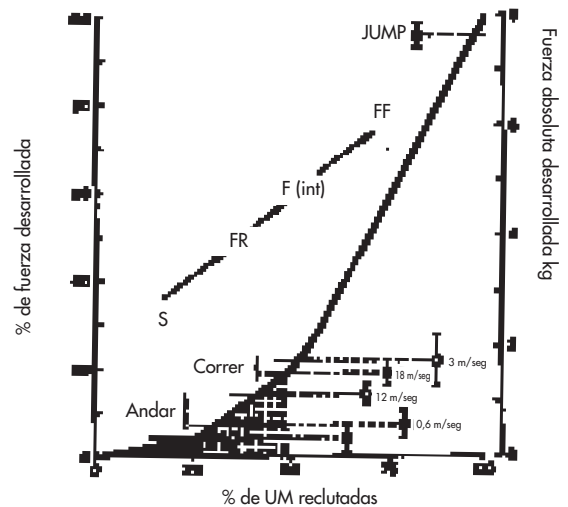


Figura 106. Esquematización del orden de reclutamiento de las unidades motoras (según Burke, 1980). Experiencia efectuada sobre el gastrocnemio de gato.

Se puede constatar seguidamente que las unidades motoras rápidas no participan para los esfuerzos de pequeña intensidad.

LOS CASOS PARTICULARES DE RECLUTAMIENTO

Este principio general está puesto en duda en algunos casos.

- Parecería que la ley de Henneman es válida esencialmente para los músculos multifuncionales en el caso de su función principal (Desmedt y Godaux, 1977). Esto explicaría el posible progreso en las utilizaciones inhabituales, ligadas a un aprendizaje nervioso. Así, algunas unidades motoras de un músculo pueden tener un umbral elevado en un tipo de movimiento y un umbral bajo en otro tipo de movimiento. Esta variación del orden de reclutamiento en función del movimiento parece ser responsable de la especificidad del entrenamiento ya mencionada (Sale y Mac Dougall, 1981).

- Kanda y col. han demostrado que las aferencias cutáneas pueden invertir el orden del reclutamiento.
- Pero el caso más interesante en relación con el entrenamiento es el de los movimientos rápidos. Grimby y Hannertz (1977) y Hannertz (1974) han demostrado en un músculo del pie (extensor corto del pie) que durante los movimientos rápidos sólo intervenían las fibras rápidas. El sistema que permite esta selección de fibras sería el circuito de Renshaw. Si esta afirmación se verificara para otros músculos, justificaría las hipótesis de Bosco (1986), que insiste sobre la necesidad de ejercicios de musculación dinámica en alternancia con las cargas pesadas.

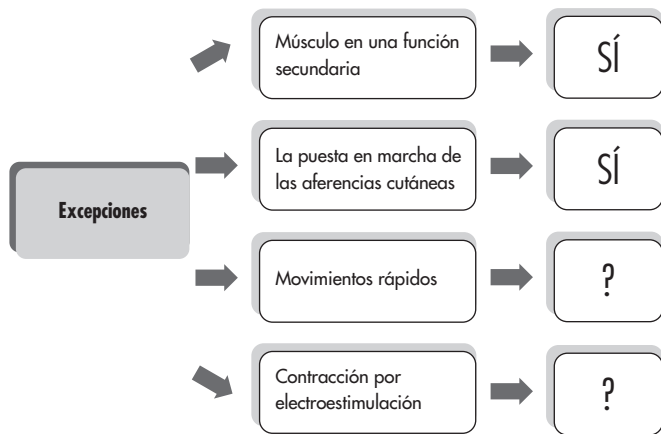


Figura 107. Las excepciones a la ley de Henneman.

Sin embargo, Desmedt y Godaux (1977) llegan a conclusiones diferentes. Ellos demuestran, en efecto, que también durante los movimientos rápidos el orden de reclutamiento permanece sin cambios (fig. 108). La técnica utilizada por Grimby no permite el estudio de los músculos principales solicitados durante las actividades deportivas, no podemos obtener conclusiones según Sale (1988) sobre el problema del reclutamiento preferencial de las fibras rápidas durante los movimientos "explosivos".

- No se excluye (Enoka, 1988) que la contracción inducida por electroestimulación permita invertir la ley de Henneman. Insistiremos en este tema al hablar de la electroestimulación.

LAS DOS FORMAS DE RECLUTAMIENTO ESPACIAL

Según Paillard (1982) existen dos modos de reclutamiento espacial. Él compara el fenómeno del reclutamiento a la utilización de un pedal de acelerador. Cuando más se apriete el pedal, más unidades motoras reclutaremos. La figura 109 muestra la evolución de la fuerza durante el reclutamiento.

La gráfica de la actividad eléctrica es la de una rampa, de ahí proviene el nombre de este primer modo de reclutamiento: reclutamiento en "rampa" o reclutamiento progresivo. Se puede manipular la pendiente de la rampa en función de la velocidad deseada (fig. 110).

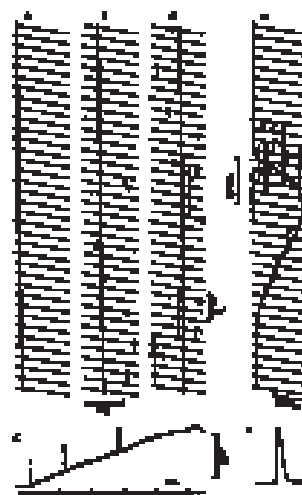


Figura 108. El orden de reclutamiento durante un movimiento rápido (B) y de un movimiento lento (A). El orden de reclutamiento es el mismo (Desmedt y Godaux, 1977).



Figura 109. Reclutamiento de unidades motoras UM 1 y UM 2 y electromiograma durante un movimiento en rampa en el primer interóseo dorsal del dedo pulgar en el hombre (según Desmedt, 1980).

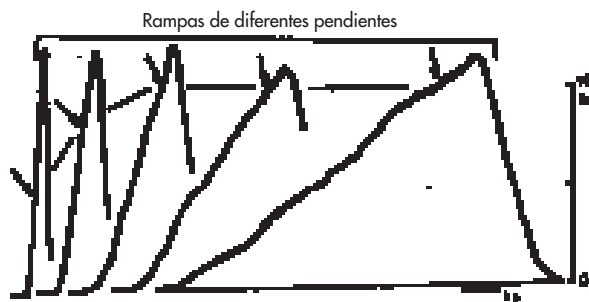


Figura 110. Diferentes niveles de "rampas" (según Desmedt, 1980).

Pero a partir de una cierta velocidad (como consecuencia de estar apoyando el pie sobre el acelerador) se produce un cambio de velocidad automática, el modo de reclutamiento se convierte en "impulsivo" o "balístico". Notamos un cambio radical: las señales de mando llegan al músculo en una ventana de corta duración (100 milisegundos). Apretamos bruscamente el pedal del acelerador (más o menos profundamente) y el movimiento se lanza y se libera su inercia (fig. 111).

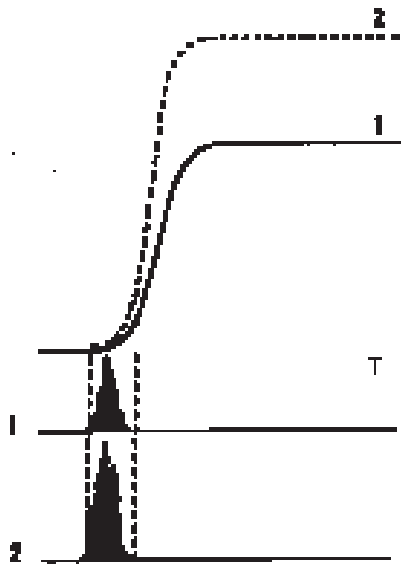


Figura 111. El movimiento impulsivo o balístico (según Paillard, 1982).

Los movimientos deportivos son casi siempre de tipo balístico, es importante recordarlo durante el entrenamiento, algunas veces las situaciones de entrenamiento; no son de tipo balístico, y en este caso conviene reintroducirlos en alternancia con las otras situaciones.

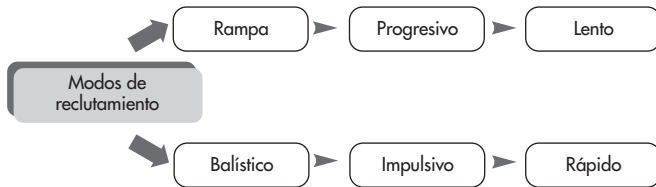


Figura 112. Resumen de los dos modos de reclutamiento.

RESUMEN SOBRE EL RECLUTAMIENTO ESPACIAL

Existen dos modos de reclutamiento espacial:

- El movimiento en "rampa" dominado por un reclutamiento progresivo de las unidades motoras. La ley de Henneman domina, pero no sería válida más que en la función principal del músculo (Desmedt y Godaux, 1977).
- El movimiento "balístico" basado en un reclutamiento impulsivo de las unidades motoras. Acerca de este tipo de funcionamiento se enfrentan dos hipótesis:
 - 1.º: La ley de Henneman se respeta (Desmedt y Godaux, 1977).
 - 2.º: Sólo las unidades motoras rápidas son reclutadas en este caso (Grimby y Hannertz, 1977).

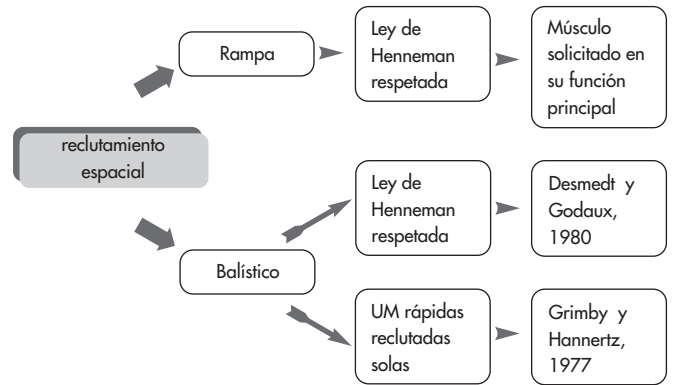


Figura 113. Resumen sobre el reclutamiento espacial.

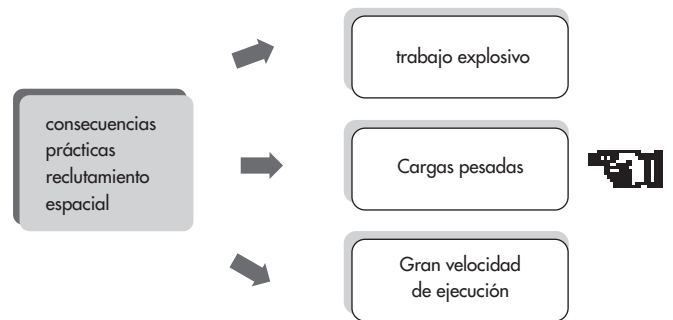


Figura 114. Consecuencias prácticas sobre el reclutamiento espacial.

CONSECUENCIAS PRÁCTICAS DEL RECLUTAMIENTO ESPACIAL

1. La fuerza se expresa esencialmente gracias a la puesta en juego de las fibras rápidas, por tanto, se necesita, para estar seguro de reclutar esas fibras, integrar en el entrenamiento cargas pesadas.
2. En los gestos deportivos, al ser mayoritariamente balísticos, es importante prever la inclusión de los movimientos explosivos en el entrenamiento para guardar el contacto con la especificidad de los movimientos de competición.
3. Si es posible reclutar sólo fibras rápidas, es interesante también programar ejercicios explosivos sin carga.
4. En conclusión, hace falta pensar en cargas pesadas para asegurar la eficacia de un entrenamiento de fuerza.
5. Durante un entrenamiento basado en movimientos con cargas ligeras hay que extremar la vigilancia sobre la calidad de la ejecución; el atleta debe trabajar siempre a velocidad máxima.

El reclutamiento temporal

PRINCIPIO GENERAL

Se trata de la suma temporal: un músculo responde mediante una sacudida a un impulso (fig. 115 a). Si un segundo impulso sur-



Figura 115. El reclutamiento temporal.

giera suficientemente rápido, la sacudida sería superior (hay suma) (fig. 115 b). Una serie de impulsos cercanos nos dará un tétanos imperfecto (fig. 115 c) y al final un tétanos perfecto (fig. 115 d).

LOS TIPOS DE FRECUENCIAS

Suelen ir de 8 a 50-60 Hz. Para los movimientos rápidos la frecuencia puede ser superior: se habla de 125 a 150 Hz al principio del movimiento bajo la forma de dobletes o tripletes (Sale, 1988). Esto no dura más de 100 msec (ventana definida anteriormente por el movimiento balístico). La fuerza máxima puede alcanzarse con una frecuencia de 50 Hz (Grimby y col., 1981) y por lo tanto se registran frecuencias superiores: ¿por qué? La figura 116 responde a esta cuestión (Grimby y col., 1981).

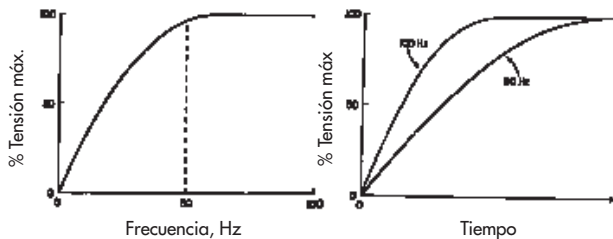


Figura 116. Una estimulación a 50 Hz es suficiente para producir una fuerza máxima en el extensor corto del pie (fig. A). Si se aumenta la frecuencia (fig. B), se aumenta la pendiente de la curva y la subida de fuerza. Esto es particularmente interesante para los movimientos rápidos (según Grimby y col., 1981).

Las frecuencias superiores a 50 Hz se destinan a mejorar la pendiente de subida de fuerza. Este fenómeno es particularmente interesante en el movimiento deportivo. Un entrenamiento "explosivo" puede entonces mejorar la posibilidad de aumentar la frecuencia de los impulsos a intervalos de tiempo muy cortos (Sale, 1988). En el entrenamiento, las cargas pesadas son ideales para aumentar la fuerza máxima, las cargas ligeras utilizadas rápidamente son favorables para la subida rápida de fuerza. Una combinación de las dos presenta un cierto interés. En los sujetos sedentarios, las unidades motoras rápidas no son reclutadas o utilizadas plenamente sobre frecuencias de descargas óptimas, durante las contracciones máximas (De Lucas y col., 1982). En efecto, esos autores han demostrado que durante las contraccio-

nes máximas las unidades motoras rápidas descargaban a frecuencias inferiores a la de las unidades motoras lentas. Esto explica una posibilidad de progreso importante que desarrolla seguramente el entrenamiento o las situaciones de tensión intensa o de hipnosis (De Lucas y col., 1982).

El entrenamiento aumenta la posibilidad de desarrollar frecuencias elevadas (Grimby y col., 1981). Así las unidades motoras de alto umbral de reclutamiento que no estaban implicadas van a ser solicitadas. Además, un entrenamiento de tipo isométrico es capaz de permitir un mantenimiento de descarga elevada durante un período más largo (que pasa de los 3-4 a los 20 segundos) (fig. 117).

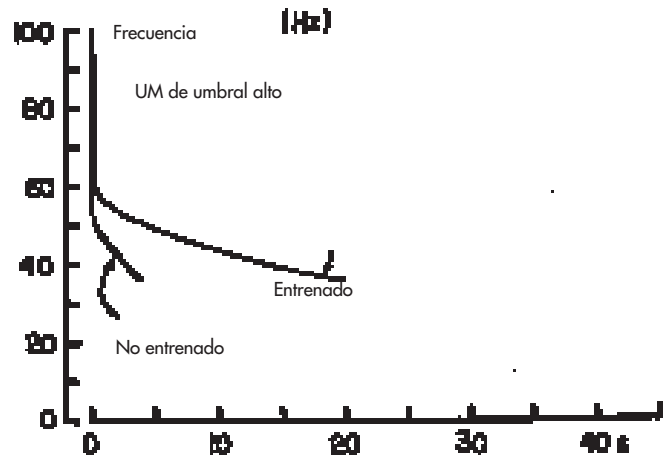


Figura 117. Frecuencia de descarga de las unidades motoras de alto umbral de reclutamiento durante las contracciones voluntarias máximas mantenidas. Al principio las UM descargaban (durante 100 msec) a alta frecuencia. La frecuencia baja rápidamente. Los sujetos no entrenados no mantienen la frecuencia más de unos qq seg (según Grimby y col., 1981, sobre el extensor corto del pie).

Por otra parte, el entrenamiento isométrico permite a las unidades motoras lentas y rápidas descargar más regularmente (Grimby y col., 1981). El entrenamiento dinámico por tensiones musculares intensas provoca, al contrario, una reducción de la posibilidad para las unidades motoras de descargar regularmente (Cracraft y Petajan, 1977).

Podemos resumir el papel de la frecuencia de los impulsos en la figura 118.

CONSECUENCIAS PRÁCTICAS ACERCA DE LA FRECUENCIA DE LOS IMPULSOS

El papel de la frecuencia de los impulsos está estrechamente ligada al del reclutamiento espacial; es entonces natural que lleguemos a las mismas conclusiones:

1. La acción específica de la fuerza se sitúa sobre frecuencias importantes.
2. Hacen falta, también ahora, cargas pesadas para solicitar esas frecuencias elevadas (50, 60 Hz).

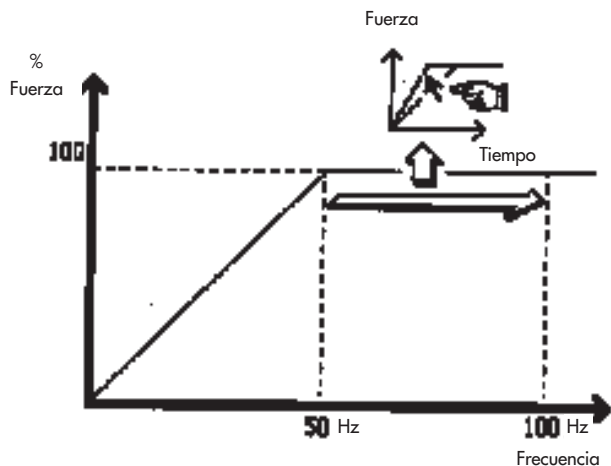


Figura 118. La frecuencia de los impulsos y su papel en la calidad de la contracción.

3. Pero tenemos igualmente necesidad de desarrollar una fuerza importante en poco tiempo, nos van a hacer falta entonces cargas pesadas levantadas rápidamente, lo que necesitará frecuencias más elevadas (hasta 100 Hz).
4. Sobre movimientos explosivos con o sin carga se puede obtener en tiempos muy breves (100 mseg) frecuencias que alcanzan los 150 Hz.
5. El entrenamiento con cargas muy pesadas o de tipo explosivo parece interesante para mejorar en los atletas las frecuencias de descarga de las unidades motoras.
6. El entrenamiento isométrico permite mejorar la regularidad de descarga de las unidades motoras.
7. Es lo contrario de lo que se produce durante los ejercicios dinámicos. Parece entonces que existe incompatibilidad entre estos dos tipos de contracción isométrica y concéntrica explosiva. En la práctica hay que tener esto en cuenta y jamás efectuar sólo trabajo isométrico.
8. Es por el contrario interesante en una planificación del entrenamiento prever una alternancia de trabajo explosivo y trabajo isométrico para obligar al músculo a explorar funcionamientos diferentes con el fin de lograr una adaptación a un nivel superior.

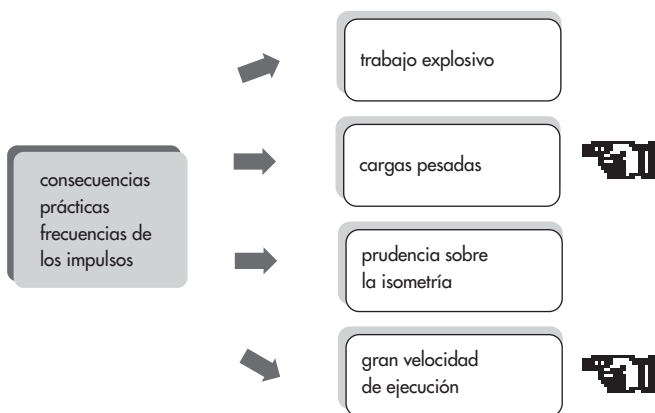


Figura.119. Consecuencias prácticas sobre la frecuencia de los impulsos.

Reclutamiento y frecuencia

¿Cómo se articulan estos dos mecanismos? La estrategia varía en función de los músculos implicados:

- Para los pequeños músculos de la mano la mayor parte de las unidades motoras son reclutadas por fuerzas inferiores al 50% de la fuerza máxima (De Lucas y col., 1982; Kukulka y Claman, 1981). La fuerza aumenta después gracias al aumento de la frecuencia.
- Para músculos más grandes y más "proximales" como el deltoides y el bíceps, en el reclutamiento de las unidades motoras intervendría hasta el 100% de la fuerza máxima (De Lucas y col., 1982; Kukulka y Claman, 1981). Según Sale (1986) esto posibilitaría la utilización global de todas las unidades motoras más difíciles para estos músculos y justificaría así una posible ganancia mediante el entrenamiento.

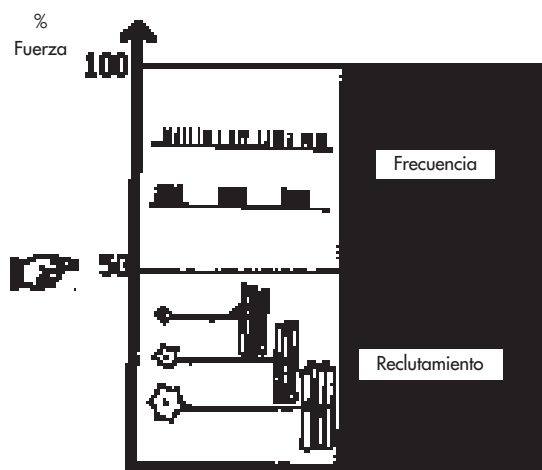


Figura 120. Estrategia de reclutamiento-frecuencia para los pequeños músculos de la mano.

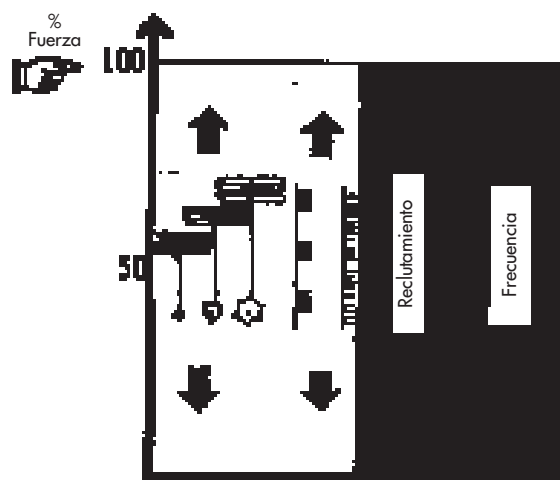


Figura 121. Estrategia de reclutamiento para el deltoides y el bíceps.

Después del estudio de De Lucas y col. (1982), efectuado sobre el deltoides y el primer interóseo dorsal de la mano (estos dos músculos tienen una composición comparable cerca de 55% de fibras ST).

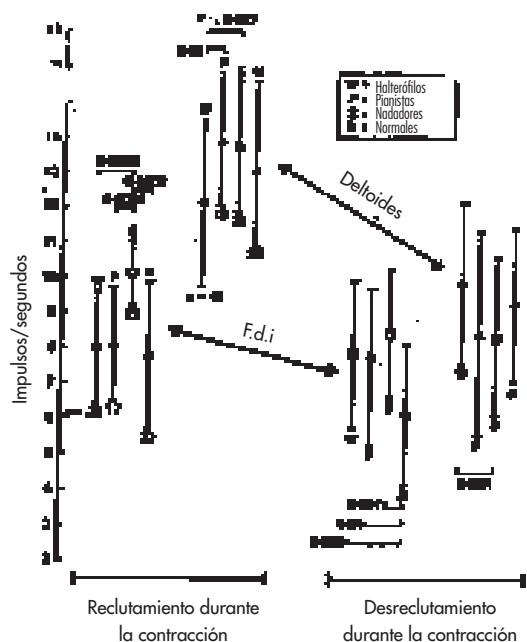


Figura 122. Reclutamiento y desreclutamiento de UM en el deltoides y el interóseo de la mano durante una contracción que alcanza el 40% de la MVC. El cese de la actividad se hace con frecuencias inferiores. La experiencia se realizó en halterófilos, pianistas, nadadores y sujetos sedentarios (según De Lucas y col., 1982).

El reclutamiento espacial es más prolongado para el deltoides (60-70% de fuerza máxima) que para el interóseo (50%).

Las frecuencias de "desreclutamiento" son igualmente variables: son inferiores a las frecuencias de reclutamiento.

En las relaciones entre reclutamiento y frecuencia se plantea una pregunta sobre la dosificación de la fuerza: cuando reclutamos una unidad motora suplementaria, la fuerza debería subir bruscamente, pero no éste es el caso, dado que se puede aumentar la producción de fuerza sin esfuerzo. De Lucas (1985) propone una explicación interesante: cuando una motoneurona es reclutada, envía una influencia inhibitoria a la frecuencia de descarga del resto del grupo de unidades motoras ya reclutadas. Esto compensa la ganancia adquirida gracias a la nueva unidad motora y permite evitar una subida de fuerza demasiado brusca. La acción inhibitoria sobre el grupo ya reclutado se hará entre otros gracias al circuito de Renshaw (fig. 123).

LA SINCRONIZACIÓN DE LAS UNIDADES MOTORAS

En 1966, Zatsiorski mencionaba que la sincronización de las unidades motoras era el factor clave del desarrollo de la fuerza.

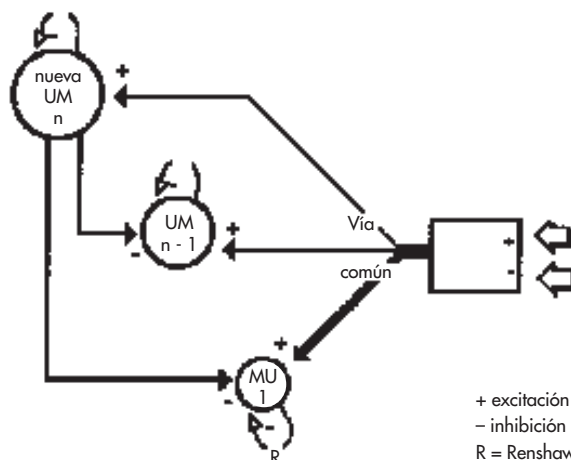


Figura 123. La acción inhibitoria del circuito de Renshaw en el momento del reclutamiento de una nueva unidad motora (según De Lucas, 1985, simplificada). La unidad motora 1 es la primera reclutada, la UM n es la última. El espesor de la línea indica la sensibilidad al cambio de cada motoneurona.

Hablaba del 80% de las unidades motoras sincronizadas en los halterófilos de alto nivel contra un 20% en los principiantes. Desde ese momento, el fenómeno ha sido discutido, incluso negado. ¿Qué es de él?

La prueba de su existencia

Milner-Brown y col. (1973) han demostrado sobre los músculos de la mano que la sincronización de las unidades motoras era más grande en los halterófilos que en los sedentarios (fig. 124). También demostraron sobre un período de entrenamiento que el número de unidades motoras sincronizadas podría aumentar de manera significativa (fig. 125).

El papel de la sincronización en el desarrollo de la fuerza

La experiencia anterior de Milner-Brown (1973) tendería a demostrar, como pretendía Zatsiorski, que la sincronización permite

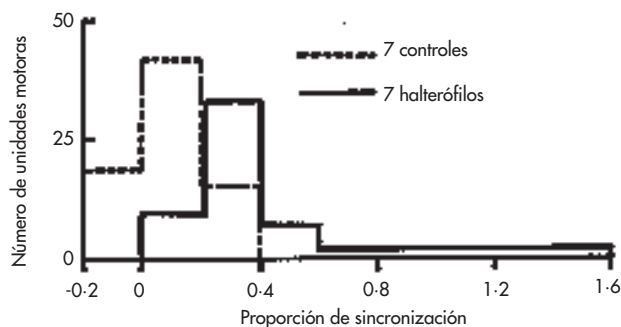


Figura 124. Número de unidades motoras sincronizadas en los halterófilos y los controles (según Milner-Brown, 1973).



Figura 125. Efecto de 6 semanas de entrenamiento sobre la sincronización de las unidades motoras de los músculos de la mano para un progreso de fuerza del 20% (según Milner-Brown, 1973).

umentar la fuerza máxima. Algunos estudios van en sentido opuesto:

- Con frecuencias no-máximas, por ejemplo, obtenemos fuerzas superiores, con una solicitud de las unidades motoras no-sincronizadas.
- Con frecuencias similares a las obtenidas para las fuerzas máximas, no apreciamos diferencias de fuerza según que las descargas sean sincronizadas o asincronizadas (Lind y Petrofski, 1978; Rack y Westbury, 1969).

La sincronización de las unidades motoras permite mejorar la subida de fuerza durante los movimientos rápidos (de tipo balístico) y no la fuerza máxima (Sale, 1988). El papel exacto de la sincronización en los movimientos rápidos permanece ambiguo.

La explicación de la sincronización

PAILLARD (1976)

Para Paillard, las motoneuronas (MN) de una misma población tienen tendencia a sincronizarse, y ello por dos razones:

- El hecho de estar sometido al mismo mando central.
- Por otra parte, los efectos del campo eléctrico debido a la proximidad de esas motoneuronas al centro del núcleo motor.

Las unidades motoras que no funcionan a su frecuencia de estimulación máxima y que son sincronizadas tienden a provocar temblor en el grupo muscular. Este temblor se puede observar en ciertas condiciones (fatiga, trastorno patológico). (Paillard, 1976).

Es necesaria, pues, para los movimientos de precisión la posibilidad de desincronizar a fin de obtener movimientos "lisos". La explicación dada por Paillard de esta "desincronización" se encuentra en el circuito de Renshaw. "Los circuitos de Renshaw ali-

mentados por una colateral del axón contribuirán, mediante una retroacción inhibitoria distribuida sobre las motoneuronas vecinas, a asegurar esta función desincronizante" (Paillard, 1976).

EL CIRCUITO DE RENSHAW

Su papel clásico

Está representado en la figura 126. Se trata de una célula recurrente que es conocida por su papel inhibitorio. El circuito de Renshaw constituye así en ese caso una seguridad, éste impide a las motoneuronas de descargarse al máximo.

Otras funciones del circuito de Renshaw

Hoy se atribuye al circuito de Renshaw otras funciones. Así, en la figura 127 se aprecia que envía colaterales a las motoneuronas vecinas como lo han demostrado Eccles y col. (1961),

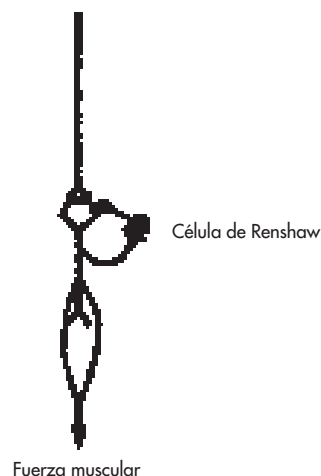


Figura 126. El circuito de Renshaw (según Pierrot-Deseilligny, 1984).



Figura 127. Las colaterales del circuito de Renshaw. Obsérvese que el circuito de Renshaw envía colaterales a las motoneuronas vecinas.

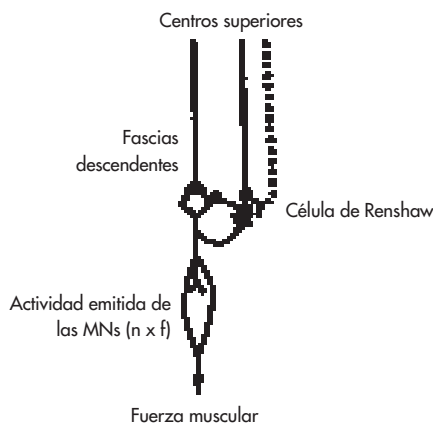


Figura 128. Las influencias superiores sobre el circuito de Renshaw (según Hultborn col., 1979).

Hulton y col. (1971) y Wilson y col (1960). En este caso puede haber una función "desincronizadora". En efecto, las motoneuronas que descargaban conjuntamente van a encontrarse desfasadas. Algunas sustancias dopantes actuarían bloqueando el circuito de Renshaw. Se recuperaría en ese caso la sincronización inicial.

El circuito de Renshaw y el sistema nervioso central

Quedaba por demostrar la dependencia del circuito de Renshaw vis à vis con el SNC. Los trabajos de Pierrot-Deseilligny (1984) son constructivos a tal efecto. Este autor demuestra que el circuito de Renshaw recibe por las vías descendentes una influencia que puede ser inhibitoria o facilitadora (fig. 128); así pues, durante los movimientos balísticos el circuito de Renshaw recibe un máximo de inhibición (Hultborn y Pierrot-Deseilligny, 1979) (fig. 129), lo que no ocurre durante el movimiento en rampa (Katz y col., 1982). Estos autores definen el circuito de Renshaw (CR) como la verdadera placa giratoria de la regulación de la fuerza; en efecto si el movimiento balístico es posible sólo mediante la inhibi-

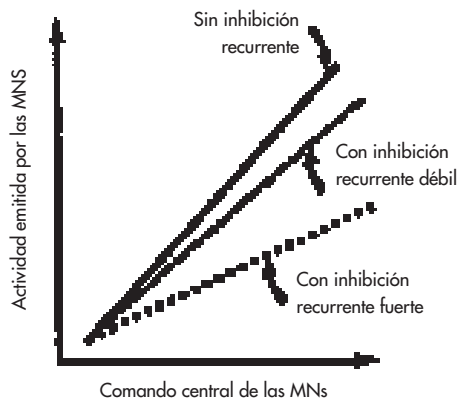


Figura 129. Acción del circuito de Renshaw sobre la actividad de las motoneuronas (según Hultborn col., 1979).

ción del CR, la dosificación del movimiento en rampa se hace igualmente por una elevación progresiva de la inhibición del CR (gracias a la disminución progresiva de la facilitación de las vías descendentes).

El movimiento explosivo podría entonces explicarse por lo que antecede. Si se reúnen las condiciones de Pierrot-Deseilligny, comprende la sincronización cómo es posible.

Resumen sobre la sincronización

Podemos entonces resumir la sincronización de la siguiente manera:

1. Las motoneuronas que se encuentran colindantes tienen tendencia a ver sincronizados sus flujos (Paillard, 1976).
2. Los movimientos que resultarán de tal funcionamiento serán movimientos violentos o con temblores (Paillard, 1976).
3. El circuito de Renshaw gracias a una acción inhibitoria permite una desincronización necesaria para los movimientos precisos (Paillard, 1976).
4. El circuito de Renshaw está bajo la dependencia del SNC (Pierrot-Deseilligny, 1984). Durante los movimientos violentos, recibe una inhibición.
5. Esto es lo que podría explicar la sincronización.
6. La sincronización de las unidades motoras será la responsable de una subida de fuerza más rápida en los movimientos explosivos y posiblemente de una fuerza máxima superior.

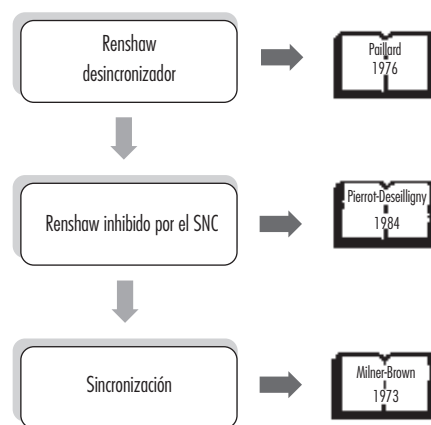


Figura 130. Resumen sobre la sincronización de las unidades motoras.

Sincronización y reclutamiento

En la figura 104 se ofrecía una representación esquemática de las relaciones entre el reclutamiento y la sincronización durante una contracción. Teniendo en cuenta las referencias precedentes, podemos proponer el siguiente esquema:

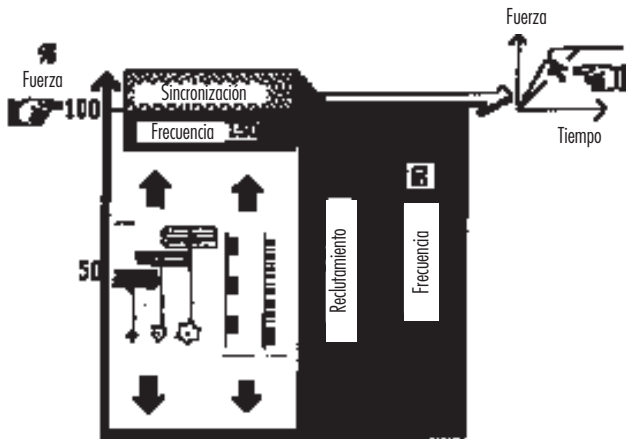


Figura 131. Representación esquemática de la intervención de los diferentes mecanismos en la regulación de la fuerza.

Consecuencias prácticas

La sincronización es un fenómeno que sólo interviene para las tensiones importantes. Zatsiorski (1966) preconizaba cargas pesadas para mejorar la sincronización: cargas superiores al 80% del máximo.

Aunque la sincronización mejora el aumento de fuerza, hemos visto con Hakkinen y col. (1985 a, b) que un trabajo explosivo también permite alcanzar ese resultado. Es entonces probable que un trabajo de tipo explosivo mejore la sincronización.

Es todavía más natural pensar que un trabajo mixto alternante de cargas pesadas y cargas ligeras (explosivos) constituye la solución ideal.

Por otra parte, según Monnot, durante una contracción isométrica sostenida hay una intervención de la sincronización al final de la contracción. Podemos entonces pensar que contracciones isométricas efectuadas hasta la extenuación ponen al músculo en

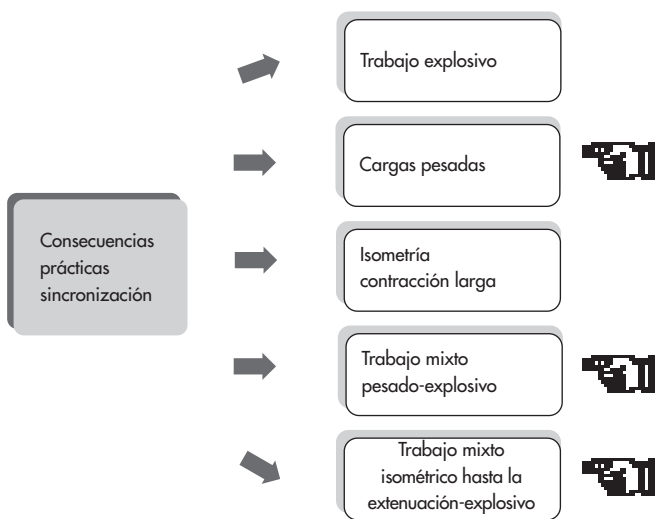


Figura 132. Los medios para mejorar la sincronización.

un estado favorable para la sincronización de las unidades motoras, siendo interesante realizar después movimientos explosivos.

Esta alternancia “contracción isométrica hasta la extenuación” y movimiento explosivo constituye una forma de trabajo eficaz.

Sincronización y otros mecanismos

¿En qué momento interviene la sincronización en el proceso de mejora de la fuerza? Komi (1986) propone una cronología en la figura 133. Constatamos que la sincronización se supone que interviene con el aumento del IEMG (es decir, la frecuencia y el reclutamiento) al principio del entrenamiento.

Esto confirma que la hipertrofia interviene de forma tardía para mejorar la fuerza.

ENTRENAMIENTO DE FUERZA DE ALTA INTENSIDAD

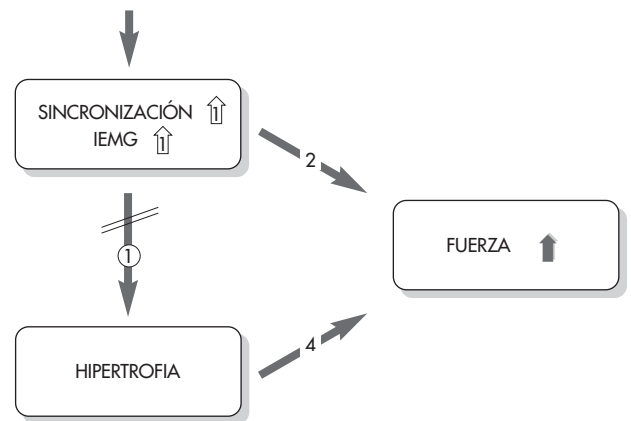


Figura 133. Representación esquemática del orden de intervención de los mecanismos que intervienen en la mejora de la fuerza (según Komi, 1986).

LA COORDINACIÓN INTERMUSCULAR

Como algunas referencias precedentes dan a entender, la fuerza se relaciona igualmente con un aprendizaje del movimiento. Así hemos visto que la fuerza adquirida en un movimiento preciso (squat, por ejemplo) no se traspasaba forzosamente a otros movimientos como el test efectuado en la máquina de cuádriceps (Thortesson y col., 1976).

Experiencias que comparan contracción unilateral y bilateral

Numerosos estudios han comparado la eficacia de diversos músculos en dos situaciones diferentes:

- en contracción unilateral (un solo cuádriceps, por ejemplo);

- en contracción bilateral (exigiendo una contracción simultánea de los dos cuádriceps).

En este caso, la eficacia de la contracción varía según los estudios y según los músculos valorados. La fuerza obtenida al contraer los músculos de los dos miembros al mismo tiempo es en general menor que la suma de las fuerzas desarrolladas por cada miembro por separado (Coyle y col., 1981; Henry y col., 1961; Howard y col., 1987; Ohtsuki, 1981). Esta fuerza menos importante en contracción bilateral está acompañada por una reducción del EMG integrado de los músculos esenciales (Howard y col., 1987; Ohtsuki, 1983). En ciertos casos hay excepciones a esta regla. En una experiencia (Wawrzynszek y col., 1984), el rendimiento bilateral fue superior a la suma de los resultados en condición unilateral.

No se conoce la explicación del "déficit" bilateral. Podría proceder de los centros superiores.

El entrenamiento está en condiciones de reducir este déficit (Coyle y col., 1981; Rube y col., 1980).

Las consecuencias prácticas de experiencias anteriores conciernen a las disciplinas que solicitan los miembros de manera disimétrica. Hace falta, en efecto, dentro de este grupo de disciplinas vigilar la alternancia del trabajo de fuerza de los ejercicios simétricos (siempre más fáciles de ejecutar) con ejercicios unilaterales para llegar a sollicitaciones superiores.

La co-contracción de los antagonistas

La contracción de los músculos agonistas puede acompañarse de una contracción simultánea de los músculos antagonistas, sobre todo durante los movimientos rápidos y violentos (Freund y col., 1978) en los atletas que no se someten a un entrenamiento específico (Smith, 1981).

Tyler y col. han sugerido que esta estrategia es un mecanismo protector. El entrenamiento es susceptible de reducir el papel de este mecanismo.

El estudio electromiográfico

EL ESTUDIO GLOBAL DE LOS MOVIMIENTOS

Nos informa sobre la coordinación del movimiento. Kuntze y col. (1988) han efectuado un trabajo muy interesante para determinar con precisión los músculos implicados en los movimientos principales de musculación. La técnica utilizada es la electromiografía.

En efecto, el trazado electromiográfico (EMG) permite conocer el nivel de sollicitación nerviosa (número de unidades motoras reclutadas y/o frecuencia de sollicitación). Cuando el EMG presenta una amplitud importante, uno u otro de los dos mecanismos, o los dos, son sollicitados de manera intensa. Hemos retenido tres movimientos clásicos: el squat completo, el press-banca y el "pull-over".

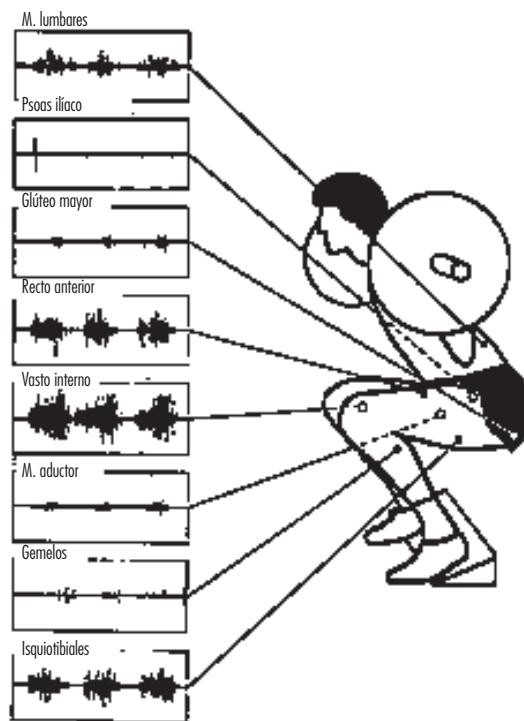


Figura 134. Estudio electromiográfico del movimiento de "squat" (según Kuntze y col., 1988). Vemos que el cuádriceps (vasto interno y recto anterior) es el más sollicitado. Los músculos lumbares participan igualmente de manera importante lo mismo que los isquibiales.

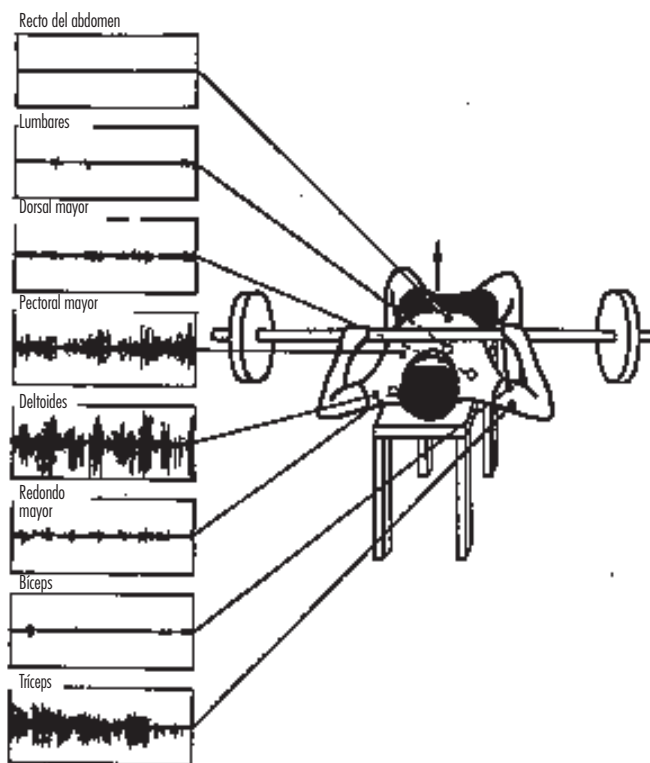


Figura 135. Estudio electromiográfico del movimiento de press-banca (según Kuntze y col., 1988). El pectoral mayor, el deltoides y el tríceps son particularmente sollicitados.

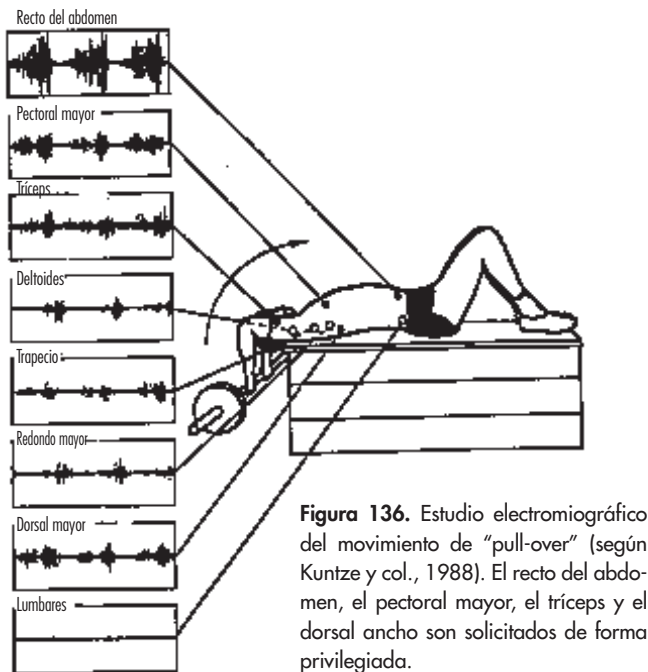


Figura 136. Estudio electromiográfico del movimiento de "pull-over" (según Kuntze y col., 1988). El recto del abdomen, el pectoral mayor, el tríceps y el dorsal ancho son solicitados de forma privilegiada.

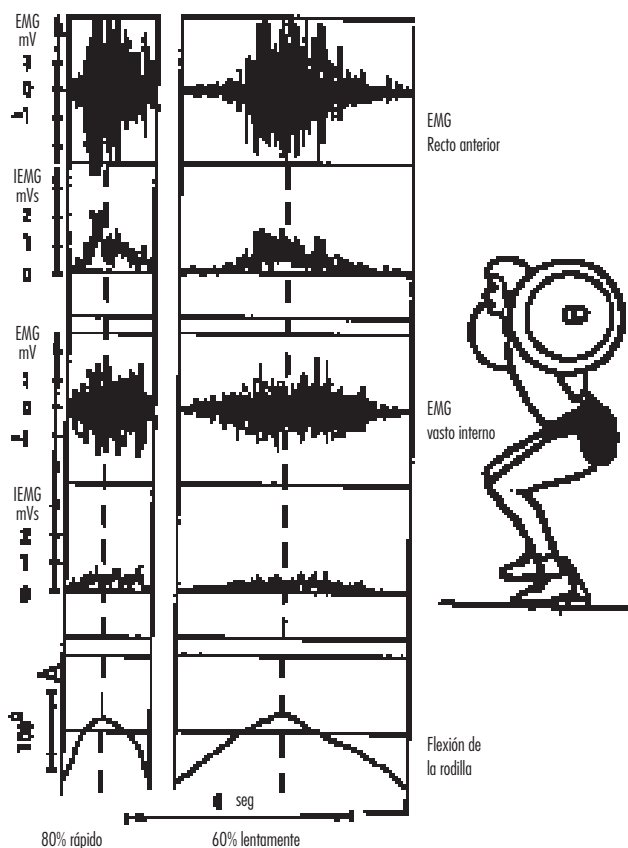


Figura 137. Estudio electromiográfico de medio squat (según Kuntze y col., 1986). A la izquierda: ejecución rápida al 80%, a la derecha ejecución lenta al 60%. El estudio abarca el recto anterior y el vasto interno. La figura representa igualmente la flexión de la rodilla indicando así el paso de la fase excéntrica a la fase concéntrica (tiras verticales).

COMPARACIONES DE LOS MOVIMIENTOS PARECIDOS EN CONDICIONES DIFERENTES

El movimiento de medio squat

Kuntze y col. (1986) han intentado ir todavía más lejos al comparar los movimientos efectuados de diferente manera. Así, en la figura 137 se comparan dos medios squat efectuados en dos condiciones diferentes:

- con una carga correspondiente al 80% del máximo levantado rápidamente,
- con una carga al 60% del máximo levantado lentamente.

Podemos comprobar la eficacia de la sollicitación superior con la carga pesada levantada rápidamente. Esto demuestra la importancia de la calidad de ejecución en los ejercicios de fuerza.

El trabajo de las piernas en la prensa

Es interesante comparar estos resultados con el análisis de un ejercicio regularmente propuesto para reemplazar el medio squat: el trabajo en la prensa (fig. 138).

La calidad del movimiento es totalmente diferente a la del medio squat (que nosotros damos como equivalente). En efecto, para efectuar el movimiento rápidamente, el atleta se ayuda de resortes y la actividad muscular disminuye. En la mayoría de los ejercicios de impulsión es cuando la fuerza es máxima. No podemos más que recomendar prudencia en el empleo de la prensa para trabajar la fuerza de las piernas. Los riesgos de fracasar son grandes.

La musculación de las piernas con el Cybex

Con la máquina Cybex los resultados son todavía más sorprendentes. El Cybex es una máquina que permite trabajar selectivamente los músculos (aquí el cuádriceps, fig. 139). Por otra parte, permite escoger la velocidad de ejecución. El atleta busca efectuar el movimiento lo más rápido posible, registrándose con este aparato la fuerza producida. Se observa que la estrategia muscular es totalmente diferente a la del medio squat. El músculo no trabaja de la misma forma, el ciclo sollicita el músculo en la fase negativa y se rompe en la fase positiva. Podríamos casi hablar de un movimiento antinatural. Está claro entonces que el Cybex no tiene ningún interés para la musculación del deportista. Es una máquina de test o de reeducación. Puede eventualmente ser utilizada en apoyo de movimientos clásicos (ver más adelante la pre-fatiga).

Los saltos en contramovimiento

Los ejercicios próximos a las condiciones encontradas en las actividades deportivas son evidentemente los más interesantes; es el caso de los saltos en contramovimiento. La figura 140 muestra un estudio efectuado en dos condiciones diferentes: con

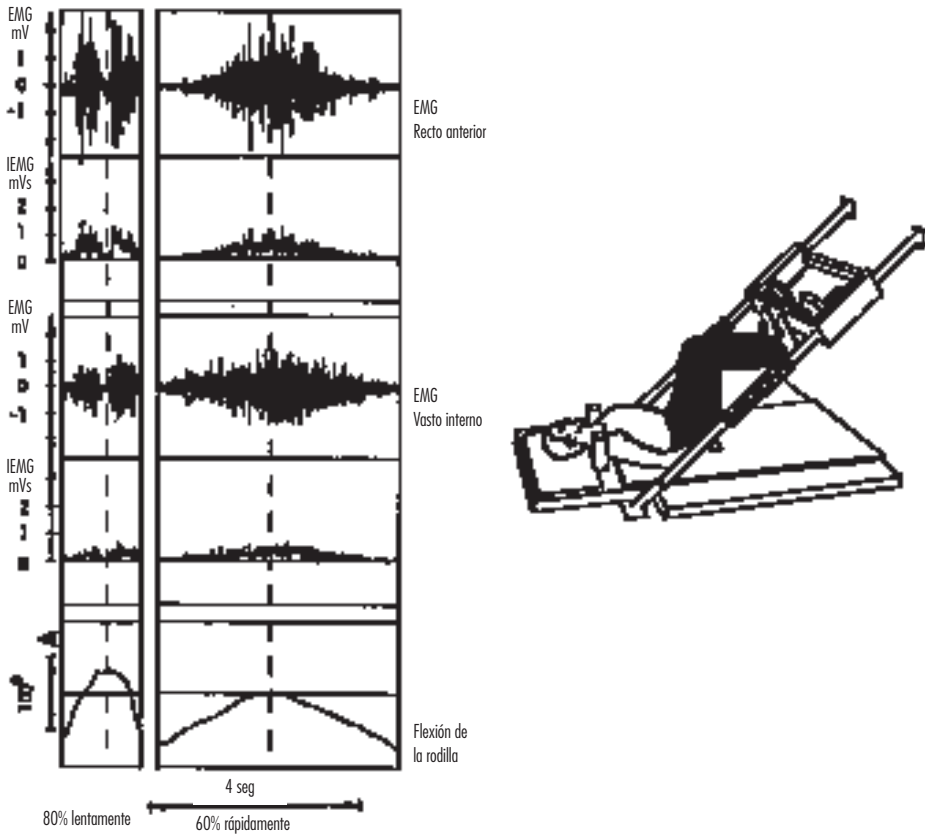


Figura 138. Estudio electromiográfico del movimiento de flexión-extensión de las piernas en la prensa (según Kuntze y col., 1986). El trabajo en la prensa efectuado rápidamente provoca una baja actividad muscular en el momento de la flexión máxima de la rodilla.

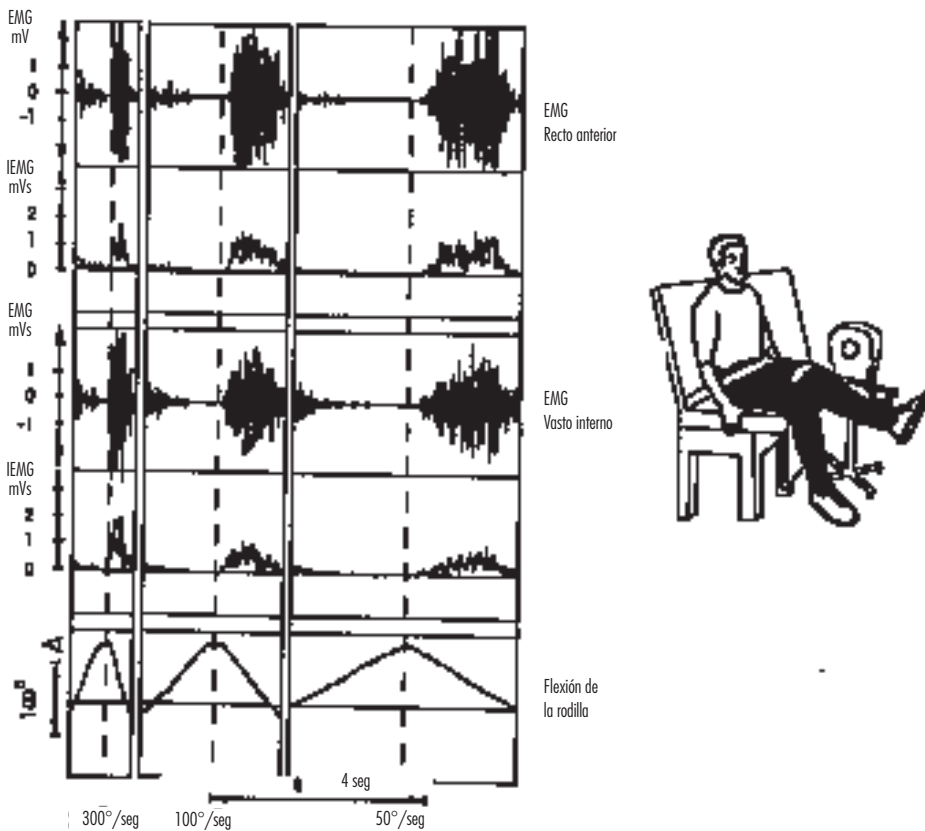


Figura 139. EMG del trabajo de las piernas con la máquina Cybex (según Kuntze y col., 1986). Se han utilizado tres velocidades de movimiento (50°/seg., 100°/seg y 300°/seg). No se observa ninguna actividad durante la fase de flexión, y muy poca actividad al principio y al final del movimiento. El pico de actividad máxima está más o menos en la mitad del desplazamiento de la pierna. Únicamente para la velocidad importante se registra una débil actividad en la fase negativa.

una flexión importante de la rodilla y con una flexión débil. Kuntze constata:

- Un principio de actividad muscular antes del contacto con el suelo, signo de una "preactivación".
- Una activación muscular muy importante en la fase de contacto con el suelo. Es la activación más importante de todas las situaciones estudiadas.
- La activación muscular es superior en la situación de flexión débil de las piernas.

El funcionamiento muscular es particular en los saltos en contramovimiento; en un entrenamiento de fuerza se debe integrar este tipo de ejercicio.

Conclusión sobre la coordinación intermuscular

La coordinación intermuscular pone en relación la fuerza con el gesto específico de la actividad deportiva. Está aquí el proble-

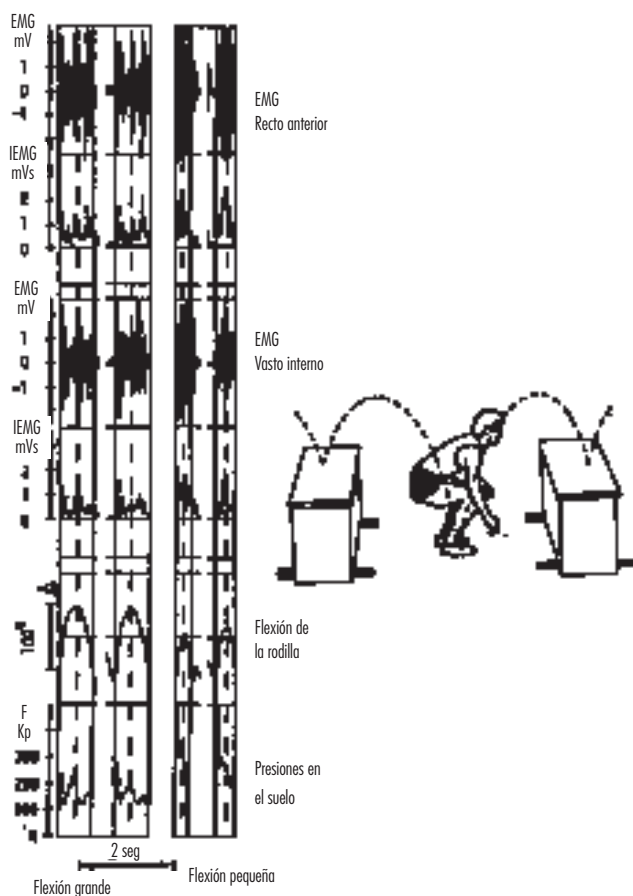


Figura 140. EMG del salto en contramovimiento con gran y pequeña flexión de rodilla.

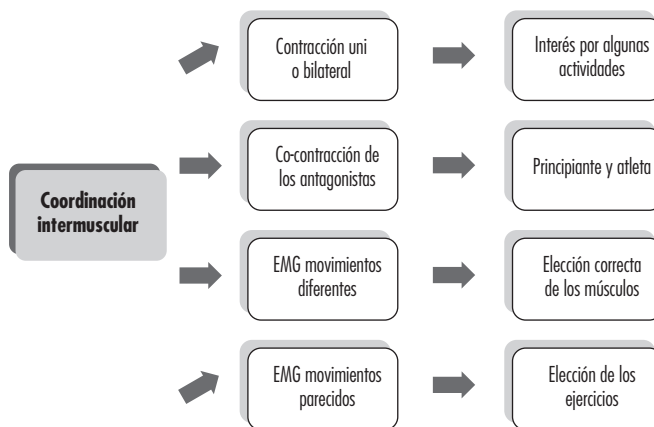


Figura 141. Resumen sobre la coordinación intermuscular.

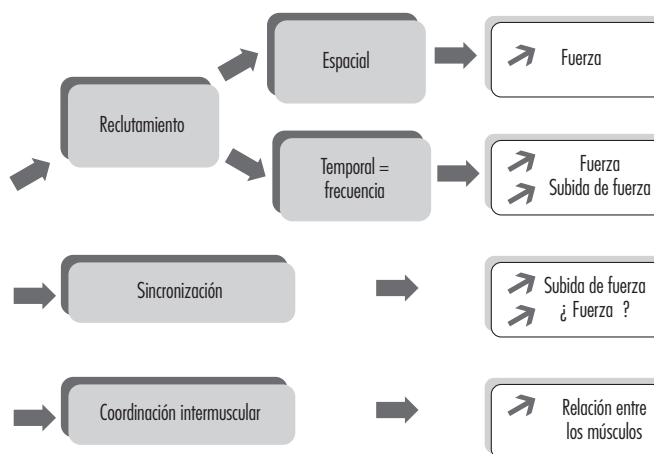


Figura 142. Resumen sobre los mecanismos de la fuerza.

ma de la "técnica". Este aspecto por sí solo justifica un desarrollo completo, pero no hemos querido hacerlo aquí. Hemos constatado simplemente que este parámetro interviene también en los ejercicios de fuerza. La figura 141 resume los puntos esenciales que hemos considerado.

RESUMEN SOBRE LOS FACTORES NERVIOSOS

Hemos visto que los factores nerviosos son tres:

- el reclutamiento (espacial y temporal),
- la sincronización,
- la coordinación intermuscular.

Cada uno de estos factores tiene una papel particular en la dosificación de la fuerza.



- BENDER, J. and KAPLAN, H. (1963): The multiple angle testing method for the evaluation of muscle strength, *Journal of Bone and joint surgery*, 45A, 135-140.
- CAIOZZO, V.J.; PERRINE, J.J. and EDGERTON, V.R. (1981): Training-induced alterations of the in-vivo force-velocity relationship of human muscle, *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environment and Exercise Physiology*, 51, 750-754.
- COLEMAN, A.E. (1969): Effect of unilateral isometric and isotonic contractions on the strength of the contralateral limb, *Research Quarterly*, 40, 490-495.
- COSTILL, D.L.; COYLE, E.F.; FINK, W.F.; LESMES, G.R. and WITZMANN, F.A. (1979): Adaptation in skeletal muscle following strength training, *Journal of Applied Physiology*, 46, 96-99.
- COYLE, E.F.; FEIRING, D.C.; ROTKIS, T.C., ET AL., (1981): Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training, *Journal of applied physiology: Respiration Environment. Exerc. Physio.* 51, 1.437-1.442.
- CRACRAKT, J. and PETAJAN (1977): Effect of muscle training on the pattern of firing of single motor units. *Am. Phys. Med.* 56, 183-194.
- DAVIES, C.T.M. and YOUNG, K. (1983): Effect of training at 30% and 100% maximal isometric force (MVC) on the contractile properties of the triceps surae in man, *Journal of Physiology*, 336, 31P.
- DELUCAS, C.J.; LE FEVER, R.S.; MCCUE, M.P. and XENAKIS, A.P. (1982): Behavior of human motors units in different muscles during linearly varying contractions, *Journal of physiology*, 329, 113-128.
- DESMEDT, J.E. (1980): Motor unit type, recruitment patterns and plasticity with usage in health and Disease. Karger, Basel.
- DESMEDT, J.E. and GODAUX, E. (1977): Ballistic contractions in man: characteristic recruitment pattern of single motor units of the tibialis anterior muscle. *Journal of Physiology*, 264, 673-693.
- DESMEDT, J.E. and GODAUX, E. (1978): Ballistic skilled movements: load compensation and patterning of motor command. *En Cerebral motor control in man: long loop mechanisms.* J.E. Desmedt (ed) Prog. clin. Neurophysiology., Karger: Basel, 4, 21-55.
- DONS, B.; BOLLERUP, K.; BONDE-PEDERSEN, F. and HANCKE, S. (1979): The effect of weight-lifting exercise related to fiber composition and muscle cross-sectional area in humans, *European Journal of Applied Physiology*, 40, 95-106.
- ECCLES, J.C., R.M., IGGO, A., and ITO, M (1961) Distribution of recurrent inhibition among motoneurons. *Journal of Physiology (London)*, 159, 479-499.
- GARDNER, G. (1963): Specificity of strength changes of the exercised and non-exercised limb following isometric training. *Research Quarterly*, 34, 98-101.
- GRIMBY, L. and HANNERTZ, J. (1977): Firing rate and recruitment order of toe extensor motor units in different modes of voluntary contraction, *Journal of physiology*, 264, 865-879.
- GROMBY, L.; HANNERTZ, J. and HEDMAN, B. (1981): The fatigue and voluntary discharge properties of single motor units in man, *Journal of Physiology*. 316, 545-554.
- HAKKINEN, K. and KOMI, P.V. (1983): Electromyographic changes during strength training and detraining, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15, 455-460.
- HAKKINEN, K.; ALLEN, M. and KOMI, P. (1985a): Changes in isometric force and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining, *Acta Physiologica Scandinavica*. 125, 573-585.
- HAKKINEN, K. and KOMI, P.V. and ALLEN, M. (1985b): Effect of explosive type training on isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles, *Acta Physiologica Scandinavica*, 125, 587-600.
- HENRY, F.M. and SMITH, L.E. (1961): Simultaneous vs. separate bilateral muscular contractions in relation to neural overflow theory and neuromotor specificity, *Research Quarterly*, 32, 42-46.
- HOWARD, J.D. and ENOKA, R.M. (1987): Interlimb interaction during maximal efforts (abstract), *Medicine Science and Sports Exercise*, 19, 53.
- HULTBORN, H.; JANKOVSKA, E.; LINDSTRÖM, S. (1971): Relative contribution from different nerves to recurrent depression of Ia IPSPs in motoneurons, *Journal of Physiology (London)*, 215, 637-664.
- HULTBORN, H. and PIERROT-DESEILLINGNY, E. (1979): Changes in recurrent inhibition during voluntary soleus contractions in man studied by an H-reflex technique, *Journal of Physiology (London)*, 297, 229-251.
- IKAI, M. and STEINHAUS, A.H. (1961): Some factors modifying the expression of human strength, *Journal of applied Physiology*. 16, 157-163.
- IKAI, M. and FUKUNAGA, T. (1970): A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement, *European Journal of Applied Physiology*, 28, 173-180.
- KANDA, G.; BURKE, R.E. and WALMSLEY, B. (1977): Differential control of fast and slow twitch motor units in the decerebrate cat, *Exp. Brain Res*, 29, 57-74.
- KOMI, P.V.; VIITASALO, J.; RAURAMAA, R. and VIHKO, V. (1978): Effect of isometric strength training of mechanical, electrical and metabolic aspects of muscle function, *European Journal of Applied Physiology*, 40, 45-55.
- KUKULKA, G.C. and CLAMANN, H.P. (1981): Comparison of the recruitment and discharge properties of motor units in human

- brachial biceps and adductor pollicis during isometric contractions, *Brain Research*, 219, 45-55.
- KUNTZ, H. and UNOLD, E. (1986): Zielgerichtetes Krafttraining, Magglingen, TLG ETS, Trainer Information, 20.
- KUNTZ, H. and UNOLD, E.; WIEDERKEHR, J. (1986): Krafttraining: Aufbauendes Krafttraining Sportspezifisches Krafttraining Ergänzendes Krafttraining, non publié.
- LIBERSON, W.T. and ASA, M.M. (1959): Further studies of brief isometric contractions, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 40, 330-336.
- LIND, A.R. and PETROFSKI, J.S. (1978): Isometric tension from rotary stimulation of fast and slow cat muscle, *Muscle Nerve*, 1, 213-218.
- LINDH, M. (1979): Increase of muscle strength from isometric quadriceps exercise at different knee angles, *Scandinavian Journal of Rehabilitation medicine*, 11, 33-36.
- MCDONAGH, M.J.N.; HAYWARD, C.M. and DAVIES, C.T.M. (1983): Isometric training in human elbow flexor muscles, *Journal of Bone and Joint Surgery*, 65, 355-358.
- MACDOUGALL, J.D.; SALE, D.G.; ELDER, G.C.B. and SUTTON, J.R. (1982): Muscle ultrastructural characteristics of elite powerlifters and bodybuilders, *European Journal of Applied Physiology*, 48, 117-126.
- MEYERS, C. (1967): Effect of two isometric routines on strength, size, and endurance in exercised and non-exercised arms, *Research Quarterly*, 38, 430-440.
- MILBER-BROWN, H.S.; STEIN, R.B. and LEE, R.G. (1973): Synchronisation of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes, *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 38: 245-254.
- MORITANI, T. and DE VRIES, H.A. (1979): neural factors vs hypertrophy in time course of muscle of muscle gain, *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 58, 115-130.
- OHTSUKI, T. (1981): Decrease in grip strength by simultaneous bilateral exertion with reference to finger strength, *Ergonomics*, 24, 37-48.
- OHTSUKI, T. (1983): Decrease in human voluntary isometric arm strength induced by simultaneous bilateral exertion. *Behav. Brain Research*, 7, 165-178.
- PAILLARD, J. (1976): Le codage nerveux des commandes motrices, *Revue E.E.G., Neurophysiol.*, 6, 4. 453-472.
- PAILLARD, J. (1982): Le pilotage du moteur musculaire, en *Neurobiologie des comportements moteurs*, Inseps publications: Paris.
- PIERROT-DESSELINGNY, E. and MAZIÈRES, L. (1984): Circuit reflexes de la moëlle épinière chez l'homme. Contrôle au cours du mouvement et rôle fonctionnel, *Revue de Neurologie*, 140, 11, 605-614.
- RACK, P.M. and WESTBURY, D.R. (1969): The effect of length and stimulus rate on tension in the isometric cat soleus muscle, *Journal of Physiology*. 204, 443-460.
- RAITSIN, L. (1974): The effectiveness of isometric and electro-stimulated training on muscle strength at different joint angles, *Yes-sis Review*, 11, 35-39.
- ROSE, D.L.; RADZYMSKI, S.F. and BEATTY (1957): Effect of brief maximal exercise on strength of quadriceps femoris, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 38, 157-164.
- RUBE, N.; SECHERN, N.H. and LODBERG, F. (1980): The effect of habituation and training on two and one leg extension strength (abstract), *Acta Physiologica Scandinavica*, 108- 8A.
- SALES, D.G. (1986): Neural adaptation in strength and power training, en N.L. Jones, N. McCartney, and A.J. McComas (Eds), *Human Muscle Power*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- SALES, D.G. and MACDOUGALL, D. (1981): Specificity of strength training: A review for coach and athlete, *Canadian Journal of Applied Sports Sciences*, 6, 87-92.
- SMITH, A.M. (1981): The coactivation of antagonist muscles, *Canadian Journal Physio. Pharmacol.*, 59, 733-747.
- TANNERM J.M. (1952): The effect of weight lifting on physique, *American Journal of Physical Anthropology*, 10, 427-461.
- THORSTENSSON, A.; HULTEN, B.; VON DOBLEN, W. and KARLSSON, J. (1976): Effect of strength training on enzyme activities and fibre characteristics in human skeletal muscle, *Acta physiologica Scandinavica*, 96, 392-398.
- TESCH, P.A.; HJORT, H. and BALLDIN, U.I. (1983): Effect of strength on G tolerance. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 54, 691-695.
- WAWRZINOSZEK, M. and KRAMER, H. (1984): Experimentelle untersuchung zur maximalkraftentwicklung: maximale hardschlusskraft bei ein-und beihand betätigung in zwei unterschiedlichen arbeitseben, *Medizin Sport*, 24, 105.
- WHITLEY, J.D. and ELLIOTT, G. (1986): Learning component of repetitive maximal static contractions. *Perceptual Motor Skill*, 27, 1.195-1.200.
- WILSON, V.J.; TALBOT, W.H. and DIECKE, F.P.J. (1960): Distribution of recurrent facilitation and inhibition in cat spinal cord, *Journal of Neurophysiology*, 23, 144-153.

LOS FACTORES QUE DEPENDEN DEL ESTIRAMIENTO MUSCULAR

INTRODUCCIÓN

Thys (1983) constata que en un movimiento natural como es el de la carrera los músculos extensores de la rodilla primero son sometidos a un estiramiento antes de contraerse en acortamiento.

El rendimiento del trabajo motor en estas condiciones (con estiramiento previo) es notablemente superior (superior al 40%) al rendimiento máximo (25%) con el cual los músculos transforman la energía química en trabajo mecánico (Cavagna y col., 1968). Según Thys (1983), valores también elevados de rendimiento sugieren que una parte del trabajo positivo se ejecuta a partir de una fuente distinta de la transformación de energía química en trabajo mecánico.

ILUSTRACIONES DEL COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DEL MÚSCULO

Se puede dar ejemplos de manifestaciones de la elasticidad muscular (Thys, 1983).

- En reposo el músculo aislado opone a las pequeñas elongaciones sólo una fuerza mínima. A partir de una cierta elongación se resiste al estiramiento con una fuerza que crece exponencialmente con éste
- Un choque eléctrico único aplicado a un músculo da lugar a una sacudida simple donde la fuerza es notablemente inferior a la generada por las descargas repetidas (tétanos). Si se estira rápidamente el músculo poco tiempo después de la administración del estímulo, la fuerza de la sacudida se une a la de la contracción tetánica.
- En el transcurso de un detente (salto) isotónico rápido el acortamiento se lleva a cabo por una fase rápida, casi instantánea, seguida de una fase más lenta, sugiriendo que una estructura elástica se detiene después de equilibrar la fuerza ejercida por los elementos contráctiles.

EL AUMENTO DE LA POTENCIA MECÁNICA

Durante un ejercicio de flexión-extensión de rodillas efectuado a una velocidad máxima, la potencia media aumenta más del 29% y la potencia instantánea es más del doble (Thys y col., 1972, Thys, 1973).

La altura de un salto vertical aumenta cuando el salto está precedido por una flexión de rodillas (contramovimiento Jump) (Assmussen y col., 1974).

LA REDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS MÚSCULOS

En el transcurso de movimientos de flexo-extensión de piernas, la actividad eléctrica integrada de los cuádriceps es un 35% infe-

rior si los movimientos son ejecutados con rebote. Para una misma eficacia las contracciones precedidas por un estiramiento solicitan menos fibras musculares (Thys, 1974).

LOS FACTORES QUE INTERVIENEN DURANTE EL ESTIRAMIENTO

Generalmente se considera que el aumento de la eficacia muscular debida a un estiramiento previo es la consecuencia de dos fenómenos:

- la intervención del reflejo miotático,
- la elasticidad muscular.

LA INTERVENCIÓN DEL REFLEJO MIOTÁTICO

Descripción

El reflejo miotático es un reflejo monosináptico (fig. 142). Es de origen medular. Su retraso de intervención, muy corto, (30 mseg) es compatible con las respuestas motoras de tipo "impulsión".

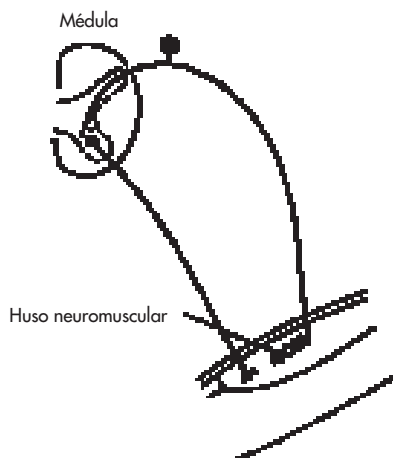


Figura 142. El reflejo miotático.

Reflejo miotático y movimientos deportivos

Schmidtbleicher (1983) ilustró el papel del reflejo miotático (RM), después de un salto en contramovimiento (fig. 18, p. 20). Dietz et col. (1979) han demostrado el papel del RM después de la carrera al nivel del tríceps. El reflejo de estiramiento contribuye pues a la eficacia de la reacción de los extensores durante impulsión. De la misma manera Bussell y col. (1980) han mostrado la intervención del RM después de una reacción para restablecer el equilibrio a continuación de un impulso brusco antes del avance. Dietz et col. (1981) han estudiado el RM en el tríceps braquial en el transcurso de una caída hacia el suelo amortiguada por los brazos.

Reflejo miotático y entrenamiento

Los estudios de Schmidtleicher y col. (1988) son los más edificantes en este aspecto. El reflejo miotático no es eficaz a no ser que se una a la contracción voluntaria. Schmidtleicher registra el IEMG durante saltos en contramovimiento o drop jump (DJ). Comparó los resultados obtenidos antes y después de un ciclo de pliometría. La características principales de los registros efectuados en atletas que no conocen los ejercicios de saltos (registros efectuados antes de la experiencia) se sitúa inmediatamente después del impacto en el suelo (fig. 143).

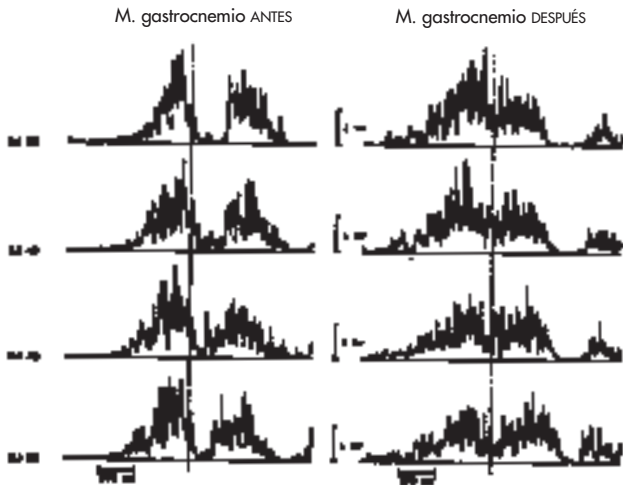


Figura 143. Registro electromiográfico de los gemelos antes y después de 4 semanas de entrenamiento durante diferentes saltos de altura (32, 40, 48 y 56 cm) (según Schmidtleicher et col., 1988).

Como subrayan Komi (1986) y Sale (1988) se nota una inhibición (se traduce por una bajada sensible de la actividad eléctrica). Esta inhibición sería para Schmidtleicher una reacción de defensa para evitar una contracción demasiado intensa, con el consiguiente riesgo de producir una herida. El entrenamiento modifica estos comportamientos. En efecto, se puede notar en los registros efectuados después de los entrenamientos una modificación importante en la fase concerniente. La inhibición sin haber desaparecido completamente ha sido singularmente reducida. La actividad eléctrica ha aumentado netamente. Los atletas han aprendido progresivamente a elevar su inhibición.

Estudios realizados en Francia (Pousson, 1988) han mostrado gracias a las técnicas de la reflexología que un entrenamiento pliométrico aumenta en cierta medida la sensibilidad del huso neuromuscular.

Bosco (1985) considera que los receptores tendinosos de Golgi juegan un papel en la inhibición que interviene cuando en los ejercicios de drop jump se aumenta progresivamente la altura de caída (fig. 144). Si se les propone a sujetos entre 20-25 años una altura de caída de 20 cm obtienen un rendimiento en detente de 26 cm por término medio. Con 40 y 50 cm el rendimiento au-

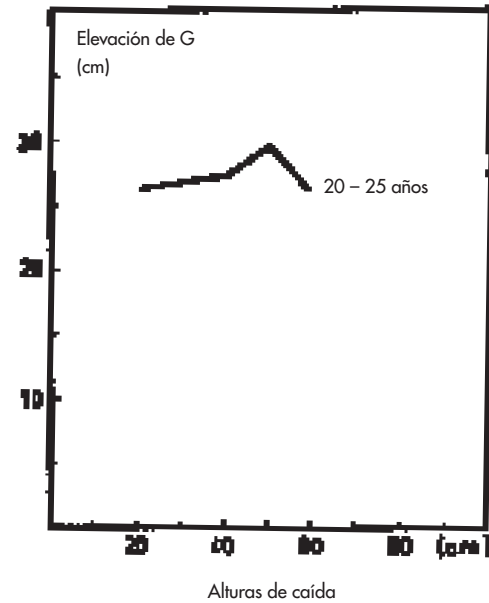


Figura 144. Rendimiento en el drop jump de un grupo de individuos de 20-25 años (según Bosco, 1985). En las abscisas las alturas de caída. En las ordenadas el rendimiento en detente.

menta. Después con 60 cm el resultado salta de forma importante. Para Bosco este trabajo de eficacia se debe a los receptores de Golgi que juegan el papel de disyuntor para evitar toda lesión muscular. El entrenamiento, según este autor, será susceptible de elevar el umbral de los receptores del Golgi (Bosco, 1985).

Los mismos estudios se han efectuado en otras circunstancias. Komi y cols. (1987) han puesto a punto aparatos que permiten encontrar los principios del entrenamiento muscular en los músculos de los brazos (fig. 145).

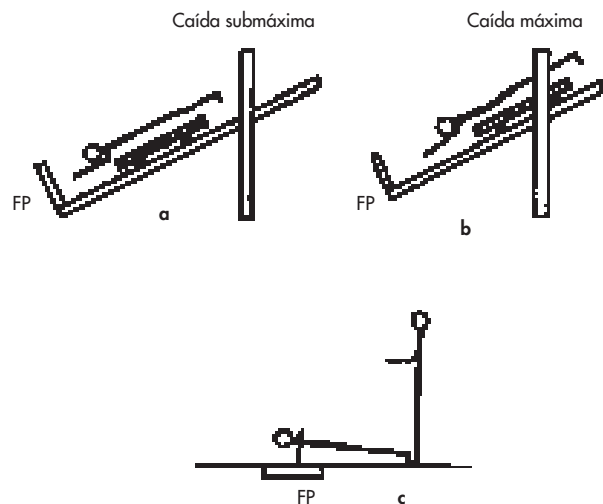


Figura 145. Las situaciones propuestas por Komi y col., (1987) para estudiar el fenómeno del estiramiento muscular a nivel del brazo.

La figura 146 muestra los registros electromiográficos del tríceps en el transcurso de 100 rebotes consecutivos efectuados sobre los brazos, en las condiciones que muestra la figura 145.

Gollhofer y cols. (1987) han estudiado la carrera (fig. 147). Han encontrado como en los otros trazados diferentes fases:

- una fase de preactivación: antes del contacto con el suelo el atleta "preactiva" sus músculos;
- una fase negativa, o fase excéntrica (fase de amortiguamiento), lejos de aquella donde los registros EMG alcanzaban los valores más importantes;
- una fase positiva, o fase concéntrica (fase de extensión de la pierna);
- después una fase de suspensión.

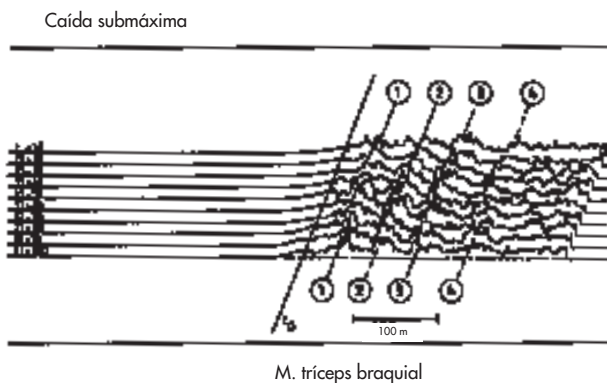


Figura 146. Registro electromiográfico del tríceps en el transcurso de 100 repeticiones de la situación 145a. Los registros están agrupados por 10. En el momento de contacto con el suelo, 1, 2, 3 y 4 representan las ondulaciones registradas en el trazado EMG (según Komi y cols., 1987).

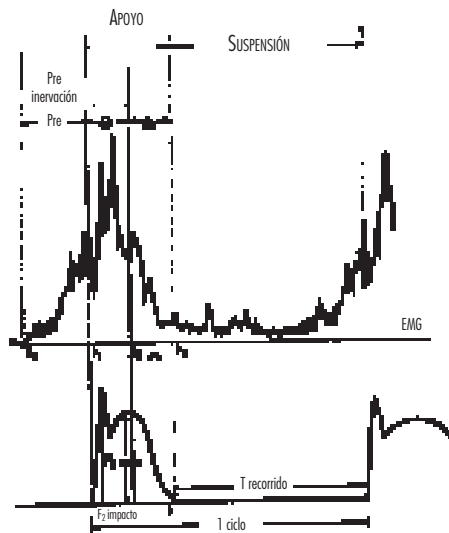


Figura 147. Estudio electromiográfico de la carrera (según Gollhofer y cols., 1987).

LA ELASTICIDAD MUSCULAR

El esquema de Hill (fig. 20) nos muestra los diferentes componentes de la elasticidad muscular. Después de numerosas variantes, se ha propuesto la más explícita, la de Shorten (1987) (fig. 148).

Se distinguen claramente dos componentes elásticos:

- un componente elástico en paralelo (CEP);
- un componente elástico en serie (CES).

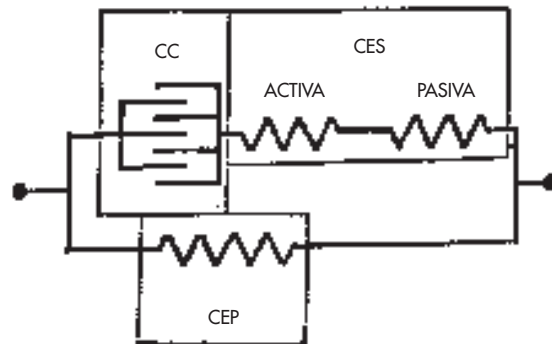


Fig. 148. La elasticidad muscular (según Shorten, 1987).

El componente elástico en paralelo

Corresponde a las envolturas musculares. Su papel en los movimientos deportivos es inexistente (Goubel y cols., 1982), interviene sólo cuando los músculos están en reposo.

El componente elástico en serie

El componente elástico en serie ha sido localizado inicialmente en los tendones (Hill, 1950), después por término medio en los tendones y en la materia contráctil (Jewell y Wilkie, 1958).

Se compone pues de dos fracciones:

- una fracción pasiva constituida por los tendones,
- una fracción activa que se encuentra en los puentes de actina-miosina.

La novedad reside, pues, en el reconocimiento de la fracción activa. Desde Huxley y Simmons (1971, 1974) se representa la molécula de miosina bajo la forma de dos elementos (fig. 149).

- un elemento S-1: la cabeza de miosina presenta muchos puntos de anclaje;
- un elemento S-2: la cola de la molécula esquematizada por un resorte.

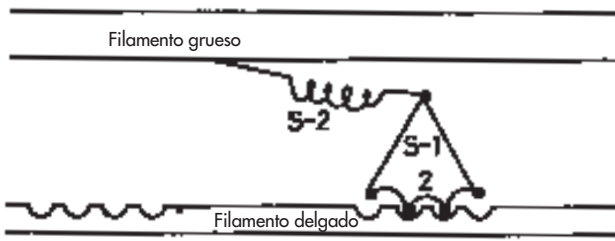


Fig. 149. Los dos elementos de la molécula de miosina (según Goubel, 1987).

En el transcurso de una contracción en acortamiento, el segmento S-1 bascula (fig. 150b) hacia una posición de menor potencial (posición 3). Se puede apreciar que los enganches tienen lugar en sitios preferenciales. En el transcurso de un estiramiento brusco (fig. 150c) el segmento S-2 se elonga (el resorte se estira) arrastrando al segmento S-1 a una posición de muy alta energía potencial (posición 1) antes de la relajación que va a seguir.

La noción de complianza

Para expresar elasticidad muscular se habla de rigidez y de complianza o extensibilidad.

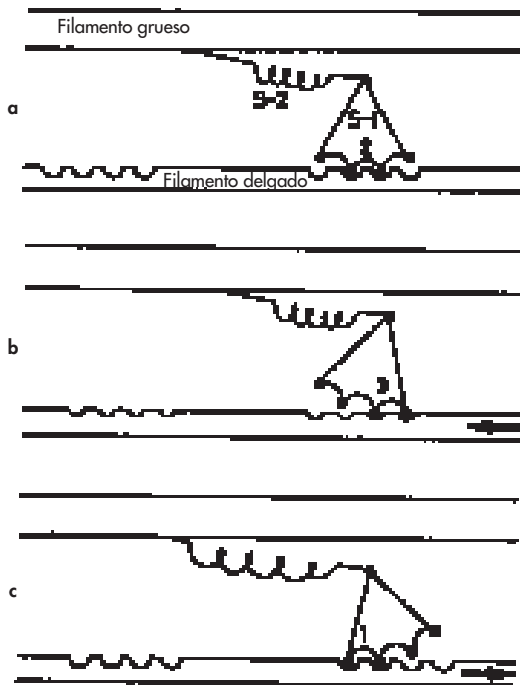


Fig. 150. Representación esquemática del enganche entre la molécula de miosina y el filamento de actina (Gonbel, 1987, según Huxley, 1971).

Definición

“El coeficiente de rigidez de un resorte (muelle) se expresa por la relación entre una variación de fuerza (ΔF) sobre una variación de longitud (ΔL). Para el músculo, se define muy a menudo su característica elástica como la inversa de su rigidez: la complianza o extensibilidad $\Delta L/\Delta F$ ” (Pousson, 1984).

Cuanto más rígido sea un músculo, menos elástico será. Estas dos nociones son, pues, antagonistas. La complianza varía en función de los músculos: los músculos que poseen muchas fibras rápidas son mucho más elásticos que los músculos muy ricos en fibras lentas (Wells, 1965). El entrenamiento de tipo explosivo o pliométrico (Pousson, 1988) tiene como consecuencia un aumento de rigidez. El trabajo excéntrico (Rousson, 1984) es particularmente eficaz para mejorar la rigidez muscular.

En condiciones experimentales muy precisas se pudo demostrar (Wilkie, 1950, Goubel, 1974) que la elasticidad disminuye en función de la fuerza (fig. 151).

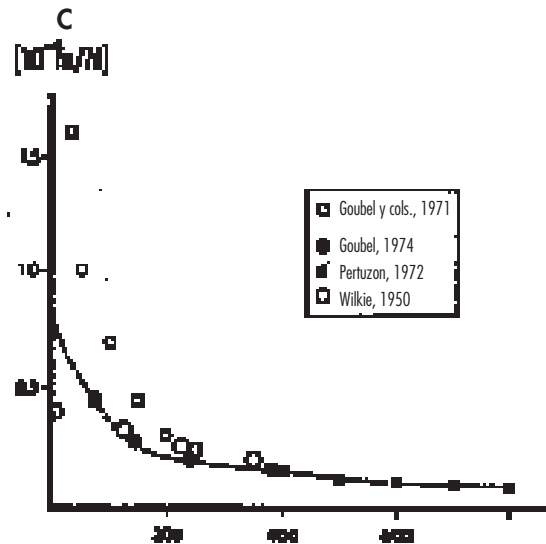


Figura 151. Relación complianza-fuerza del flexor equivalente (según Goubel y cols., 1982). Resultados obtenidos en el hombre.

El tiempo de acoplamiento (conpling time)

Es el tiempo que transcurre entre la fase de estiramiento y la fase de acortamiento. Bosco (1982) ha demostrado que cuanto más grande es el tiempo de acoplamiento, más importante y corta es la restitución de energía potencial. Bosco (1985) piensa igualmente que si el tiempo de acoplamiento es inferior a la duración de vida de un puente de actina-miosina, se producirá una mejor utilización de la energía potencial. De hecho, como la vida de los puentes de las fibras rápidas es corta (Goldspink, 1977), un tiempo de acoplamiento muy largo favorecería que los músculos comporten muchas fibras lentas.

REFLEJO MIOTÁTICO Y ELASTICIDAD

Bosco (1972) ha efectuado una estimación de la contribución de la elasticidad y del reflejo miotático. Analiza la ganancia consecutiva de un contramovimiento jump comparándolo con un squat jump. Evalúa la parte relativa a la elasticidad en un 70% y la relativa al reflejo miotático en un 30% (fig. 150).

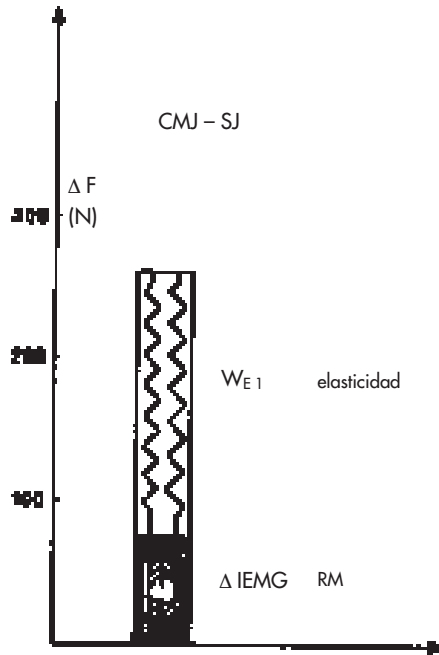


Figura 152. Participación relativa del reflejo miotático y de la elasticidad muscular, estimada a partir de la diferencia entre contramovimiento jump et squat jump (según Bosco 1982).

RESUMEN SOBRE EL ESTIRAMIENTO MUSCULAR

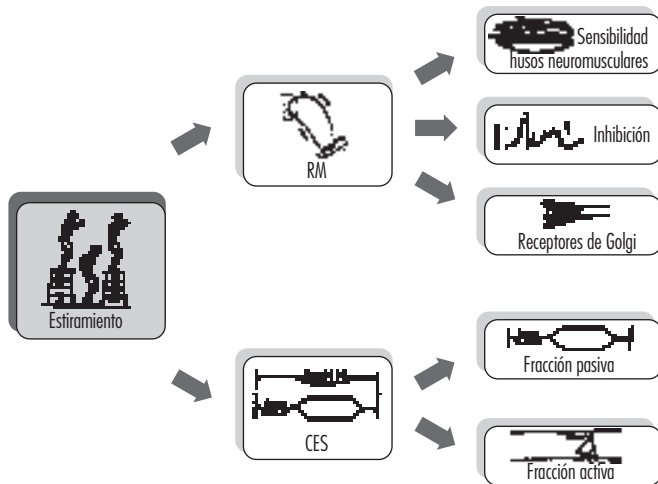


Figura 153. Resumen sobre los factores que intervienen en el estiramiento.

CONSECUENCIAS PRÁCTICAS

La mayor parte de las actividades deportivas comportan gestos técnicos que hacen referencia al ciclo estiramiento-acortamiento; es, pues, esencial introducir en la preparación física las situaciones del estiramiento muscular. Se habla a menudo de pliometría para calificar este tipo de trabajo. La musculación clásica con carga se centra principalmente en ejecuciones de acortamiento. Las situaciones tipo pliometría son los ejercicios de rebote al nivel de las piernas, de balón medicinal y de rebote sobre las manos para los brazos.

El trabajo de pliometría va a permitir:

- desarrollar fuerzas superiores a la fuerza máxima voluntaria (de una vez y media a dos veces la fuerza máxima voluntaria);
- disminuir las inhibiciones sobre el reflejo miotático (Schmidtbleicher, 1988);
- elevar el umbral de los receptores de Golgi (Bosco, 1985);
- mejorar la sensibilidad del huso neuromuscular (Pousson, 1988);
- disminuir el tiempo de acoplamiento (Bosco, 1988);
- aumentar la rigidez muscular.

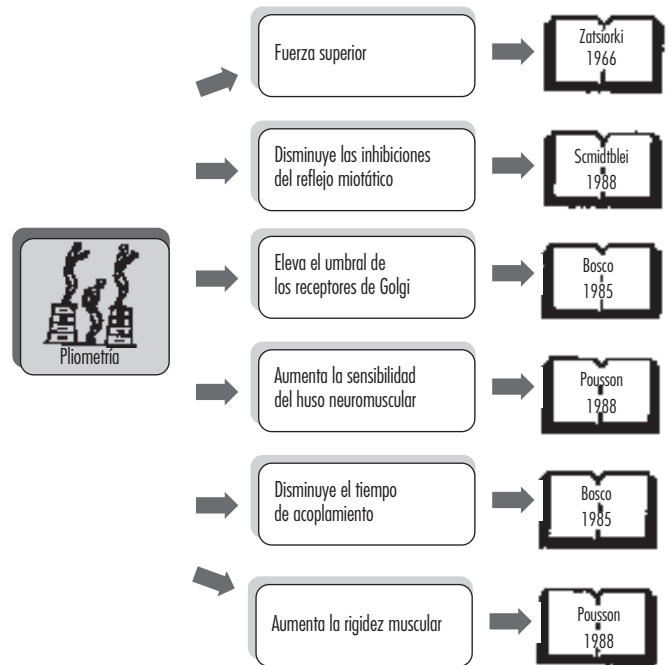


Figura 154. Las consecuencias prácticas sobre el estiramiento muscular.

Concretamente es importante señalar que los ejercicios que solicitan el estiramiento muscular deben practicarse con una gran prudencia. Al principio serán ejercicios donde el atleta resista la mayor parte del tiempo a la gravedad (saltos más bajos) o a la inercia de un aparato (balón medicinal) para almacenar la energía; la colocación del cuerpo desempeñan un papel capital.





Por otro lado, la ejecución de ejercicios de pliometría supone una fase de aprendizaje de buena colocación (sin buscar una eficacia inmediata). Éstas son, por tanto, situaciones muy "cualitati-

vas". Se puede pensar igualmente que un trabajo clásico con halteras es útil para preparar al atleta antes de someter su organismo a ejercicios explosivos intensos.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ESTIRAMIENTO MUSCULAR



-  BOSCO, C. (1985): L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. In *Atleticastudi* jan-fev. 7-117. Traduction Inseps n° 644.
- BOSCO, C.; TARKKA, I. and KOMI, P. (1982): The effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps surae during stretchshortening cycle exercise, *Int. J. Sport Med.*, 3, 137-140.
- BUSSEL, B.; KATZ, R.; PIERROT-DESEILLINGNY, E.; BERGEGO, C. and HAYAT, A. (1980): Vestibular and proprioceptive influence on the postural reactions to a sudden body displacement in man, J.E. Desmedt (ed.) *Progress in clinical Neurophysiology*, 8, 310-322, Karger, Bâle.
- CAVAGNA, G.A.; DUSMAN, B. and MARGARIA, R. (1968): Positive work done by a previously stretched muscle, *Journal of Applied Physiology*, 24, 21-32.
-  COMETTI, G. (1988): La pliométrie, compte-rendu du colloque de février 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, ed: université de Bourgogne.
- DIETZ, V.; NOTH, J. and SCHMIDTBLEICHER, D. (1981): Interaction between pre-activity and stretch reflex in human triceps brachii during landing from forward falls, *Journal of physiology*, (London), 311, 113-125.
- DIETZ, V.; SCHMIDTBLEICHER, D. and NOTH, J. (1979): Neuronal mechanism of human locomotion, *J. Neurophysiology*, 42, 1212-1222.
-  GOUBEL, F. (1987): *Muscle Mechanics, Medicine Sport Sciences*, 26, 24-35.
- GOUBEL, F. and VAN HOECKEN, J. (1982): Biomécanique du geste sportif, *Cinesiologie XXI*, 41-51.
- HILL, A.V. (1950): The series elastic component of muscle, *Proc. Roy. soc. B.*, 137, 273-280.
- HUXLEY, A.F. (1974): Muscular contraction, *Journal of Physiology, London*, 243-, 1-43.
- HUXLEY, A.F. and SIMMONS, R.M. (1971): Proposed mechanism of force generation in striated muscle, *Nature*, London, 233, 533-538.
- JEWELL, B.R. and WILKIE, D.R. (1958): An analysis of the mechanical components in frog's striated muscle, *Journal of Physiology, (London)*, 143, 515-540.
- POUSSON, M. (1984): Contribution à l'étude de l'incidence de la musculation excentrique sur l'emmagasinement d'énergie élastique dans le muscle. *Insep, Paris*.
- THYS, H. (1973): Elasticité et contraction musculaire, *Thèse de doctorat, Université de Liège*.
-  THYS, H. (1975): Effect de l'amplitude du mouvement sur le rôle joué par l'élasticité musculaire dans l'exercice, *Revue Education Physique*, XV, 3.
- THYS, H. (1983): Elasticité et rendement musculaire, *Communication au colloque de l'ACAPS*, novembre 1983.
- THYS, H.; FARRAGGIANA, T. and MARGARIA, R. (1972): Utilisation of muscle elasticity in exercise, *Journal of Applied Physiology*, 32, 491-494.

Los métodos de desarrollo de la fuerza

Desde Zatsiorski (1966) se considera que existen tres métodos de desarrollo de la fuerza. Para determinarlos, el razonamiento es simple: para desarrollar fuerza es preciso crear en el músculo tensiones máximas (si no se corre el riesgo de no intervenir sobre los fenómenos nerviosos). Para obtener una tensión máxima la solución más simple consiste en desarrollar cargas máximas. Es el método de “esfuerzos máximos”.

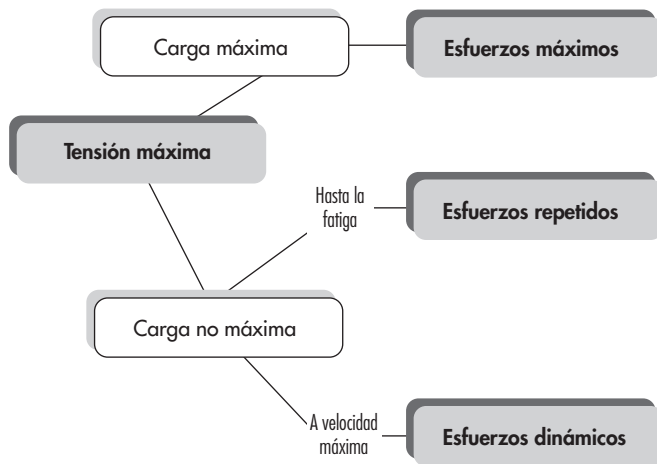


Figura 155. Esquema de los métodos (según Zatsiorski, 1966).

Observamos que este método es el más eficaz. Pero no es posible utilizarlo siempre y por ello es necesario proveernos de otras soluciones. En este caso sería utilizar cargas por debajo de las máximas. De esta manera se hace necesario recurrir a otras posibilidades para llegar a una sollicitación máxima del músculo. Se nos presentan dos posibilidades:

- Repetir la carga hasta la fatiga: método de repeticiones.
- Ejecutar el movimiento a máxima velocidad. Hablamos del método de esfuerzos dinámicos.

Estos dos métodos no son, en realidad, más que dos paliativos de la imposibilidad, en ocasiones, del método de los esfuerzos máximos.

EL MÉTODO DE LOS ESFUERZOS MÁXIMOS

DESCRIPCIÓN

Consiste en trabajar con cargas que nos permitan de 1 a 3 repeticiones. Se habla de 1 a 3 repeticiones máximas (RM). En porcentaje esto nos da el 90%. Un ejemplo tipo sería 5 series x 3 (RM).

VENTAJAS

Se destaca la eficacia de este método (Zatsiorski, 1966) gracias a su impacto sobre los fenómenos nerviosos. En efecto, en las primeras repeticiones el atleta se ve obligado a trabajar al máximo, y de esta manera se solicitan sus mecanismos nerviosos, con lo que la fuerza mejora. Las adquisiciones nerviosas (reclutamiento, sincronización y frecuencia) se realizan en las mejores condiciones. Es otro punto de eficacia del método. Además éste es cualitativo y para su desarrollo no necesita más que unas pocas series y repeticiones.

INCONVENIENTES

Supone una exposición muy importante de la musculatura, lo que hace que los jóvenes deban practicarlo con prudencia. Es un entrenamiento propio de atletas de élite, ya que el problema principal es el tiempo de recuperación. Se habla de 7 a 14 días para que ésta sea completa. Y puesto que una sesión semanal de esfuerzos máximos sería insuficiente, nos encontraríamos en la necesidad de recurrir a otros métodos de trabajo.

DATOS CIENTÍFICOS

Los estudios científicos que versan sobre este método concluyen en considerarlo, normalmente, menos eficaz que el método de repeticiones. Así, Berger analiza el progreso de esfuerzos máximos en seis grupos de entrenamiento con el ejercicio press banca. Las cargas eran de 2, 4, 6, 8, 10 y 12 repeticiones máximas con el 95%, 86%, 78%, 70%, 61% y 53% respectivamente de una RM. Los grupos que son entrenados con 4, 6, 8 RM son los que más progresan. McDonagh (1986) indica que el número de repeticiones con las cargas más pesadas es insuficiente para producir una ganancia de fuerza considerable. También es probable que en la realización de estos experimentos, sea igualmente responsable de los resultados el tipo de personas con las que se trabaja, generalmente sedentarias. Por otra parte, este método con cargas muy pesadas tiene pausas de recuperación muy grandes y es por ello por lo que al sujeto con tres sesiones semanales no le resultan eficaces, ya que no tiene tiempo suficiente para la recuperación. Berger y Hardager (1967) han intentado demostrar la importancia de las cargas máximas y para ello realizaron una experiencia con dos grupos que efectuaban una serie de 10 repeticiones.

- Un grupo efectuaba la primera repetición con una carga máxima, después la segunda con una carga más ligera, pero con carga todavía máxima (teniendo en cuenta la fatiga) y así hasta la décima repetición.
- Otro grupo trabajaba con una carga constante de 10 repeticiones.

Los resultados arrojaron un progreso más significativo para el primer grupo. Este experimento valora, pues, el uso de las cargas máximas.

El método de los esfuerzos máximos resulta ser un método muy eficaz, pero un ciclo compuesto únicamente por cargas máximas es demasiado intenso. Una sola sesión por semana es suficiente si se combina con otros métodos de trabajo.

Hay otro estudio que hace una mención más expresa de la importancia del proceso nervioso característico del método de fuerza máxima.

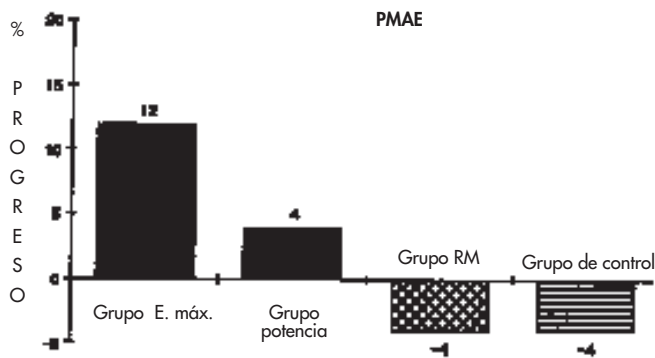


Figura 156. El progreso "nervioso" con el método de los esfuerzos máximos (para más explicaciones ver el capítulo sobre la hipertrofia) (Schmidt-bleicher, 1987).

Queda claro, pues, que este método es cualitativamente la mejor solución para incrementar la fuerza sin aumentar la masa muscular, ya que actúa preferentemente sobre la activación nerviosa.

EL MÉTODO POR REPETICIONES

DESCRIPCIÓN

La terminología "repeticiones" haría pensar en muchas series, pero la realidad es que el máximo de repeticiones de este método es 6. Para facilitar la denominación del método hablamos de 6 por 6 RM. Si trabajamos con atletas fuertemente entrenados podemos llegar a 16. Las recuperaciones entre series oscilan en torno a 5 minutos.

VENTAJAS

Las cargas son menos pesadas que en el método anterior y hay una mejor adaptación para los jóvenes. La recuperación es más corta, dura 2 días después de la sesión y se puede entrenar más días.

INCONVENIENTES

Los mecanismos nerviosos apenas actúan. La tensión máxima que se logra sólo puede sobrevenir con la fatiga, ya que las dos o tres primeras repeticiones no solicitan al músculo de forma máxima. Es necesario esperar a las últimas repeticiones para llegar a las condiciones de esfuerzo máximo. Desgraciadamente la fatiga no ayuda a los mecanismos nerviosos y es preferible utilizar el método de los esfuerzos máximos.

DATOS CIENTÍFICOS

Número de series y repeticiones

Sobre el número de series y repeticiones Berger (1962) dice que es el método más eficaz si se practica por ciclos. Berger demuestra cuál es la mejor combinación de series y repeticiones (la figura 157 muestra las combinaciones y compara los programas de las series 1, 2 y 3). Hace variar el número de repeticiones (absis) y anota en cada uno de los programas su eficacia. Comprueba en los programas de una sola serie la máxima eficacia que se consigue con 6 repeticiones de igual forma que en los programas de triseries. Esta última combinación (3 series de 6 repeticiones) constituye la solución más eficaz. Obsérvese que la ganancia de fuerza es la misma para las 3 soluciones siguientes: 3 x 2 RM, 2 x 6 RM y 1 x 10 RM.

Número de sesiones semanales

Los estudios presentan varias opciones en cuanto al número de sesiones de entrenamiento por semana para una ganancia de fuer-

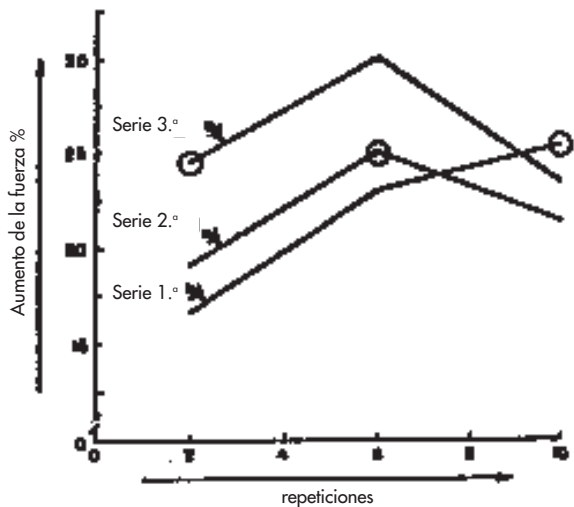


Figura 157. Las ganancias de fuerza con los programas comprenden 1, 2 o 3 series con 2, 4, 6, 8 y 10 RM (según Berger, 1962).

za. Gilliam (1981) con hombres y Hunter (1985) con hombres y mujeres, comparan diferentes posibilidades. La tabla 7 resume los resultados. Se observa que Gilliam obtiene los mejores resultados con 5 sesiones por semana en relación con un número menor de sesiones. Hunter compara de 3 a 4 sesiones y constata que 4 sesiones son más eficaces que 3. Encuentra interesante que el grupo de 3 sesiones se entrena clásicamente los lunes, miércoles y viernes, mientras que el grupo de 4 sesiones se entrena 2 días seguidos (lunes, martes y jueves, viernes).

Fleck y Kreamer (1987) concluyen que el número de sesiones mínimo por semana es de 2 o 3.

Referencia	Sujetos	Número de sesiones por semana
Gilliam 1981	H	Número de sesiones
		% Progreso
Hunter 1985	H	Número de sesiones
		% Progreso
Hunter 1985	M	Número de sesiones
		% Progreso

Tabla 7. Influencia del número de sesiones por semana sobre el rendimiento de 1 RM (según Fleck y Kreamer, 1987).

EL MÉTODO DINÁMICO

DESCRIPCIÓN

Se trata de realizar ejercicios a máxima velocidad con una carga ligera o sin carga. El número de repeticiones puede llegar hasta 15 y el de series se sitúa entre 10 y 20 según el nivel de los atletas. La recuperación debe ser relativamente larga (5 a 7 min), pero se suele acortar por razones prácticas.

VENTAJAS

Este método es muy eficaz para la mejora de la producción de la fuerza y no necesita cargas pesadas, por lo que es ideal para los principiantes. La velocidad de ejecución de este método permite preparar al atleta para las velocidades requeridas en las pruebas de competición.

INCONVENIENTES

Para ser eficaz este método necesita una gran cantidad de trabajo y además una vigilancia extrema en cuanto a la ejecución de los movimientos. Si el atleta no hace las repeticiones con una concentración intensa no producirá una tensión máxima y la sesión tendrá una incidencia más metabólica que nerviosa. El mayor inconveniente reside en la adaptación: los atletas de élite tienen una larga práctica en este tipo de trabajo y sacan el máximo provecho de este método que se adapta poco a su nivel.

DATOS CIENTÍFICOS

Se corre el riesgo con este método de frenar la mejora de la fuerza máxima, pero se mejora la capacidad de "subir rápidamente" a la fuerza máxima (según la experiencia de Hakkinen y cols., 1985a-1985b, ver factores nerviosos). Según los datos presentados en este capítulo sobre los factores nerviosos, parece que el método de esfuerzos dinámicos mejora sobre todo la frecuencia de estimulación de las unidades motoras y la sincronización; Grimby y cols., (1981) han demostrado que la subida de la frecuencia de 50 a 100 Hz permite aumentar la pendiente de la subida de la fuerza; Sale (1988) describe, por otra parte, que la mejora de la sincronización consigne el mismo resultado.



Figura 158. Posible influencia del método dinámico sobre los factores nerviosos.

En nuestro resumen de la figura 159 se comprueba que la cifra de 6 RM es la más eficaz para desarrollar la fuerza. 10 RM corresponde a un aumento de la masa muscular. 3 RM y menos mejoran la fuerza desarrollando principalmente los parámetros nerviosos.

Existen numerosos métodos y programas de entrenamiento, pero no presentan los resultados de los anteriores y también son mixtos e inciertos en cuanto a sus efectos.

El método denominado "en pirámide" es un ejemplo de la mezcla de los anteriores métodos descritos.

Método	Repeticiones	Serie	Recuperaciones	Ventajas	Inconvenientes
Esfuerzos máximos	1 a 3	4 a 7	7 min	Acción sobre los factores nerviosos: sincronización sobre el organismo descansado	Cargas pesadas. Recuperación larga entre las sesiones
Esfuerzos repetidos	5 a 7	6 a 16	5 min	Acción sobre los factores nerviosos y sobre la masa muscular	Repeticiones eficaces sobre el organismo fatigado
Esfuerzos dinámicos	6 a 15	10 a 30	3 min	Acción sobre los factores nerviosos. Acción sobre la subida de la fuerza	Poca acción sobre la fuerza

Figura 159. Tabla resumen de los 3 métodos de Zatsiorski.

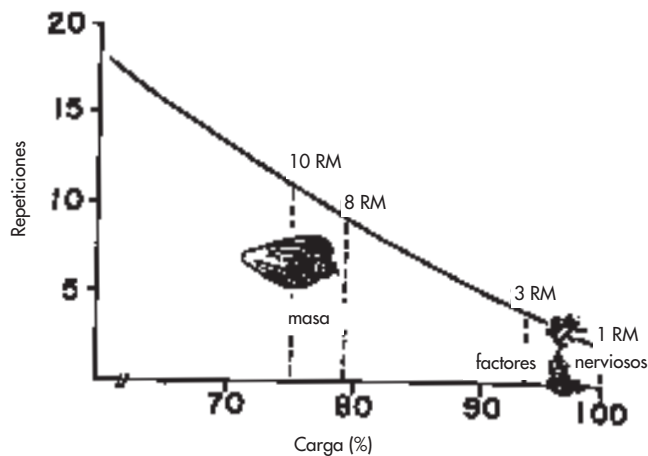


Figura 160. El número de repeticiones máximas y su influencia sobre los parámetros de la fuerza.

EL MÉTODO DE LA PIRÁMIDE

DESCRIPCIÓN

Consiste en efectuar en una misma sesión series con repeticiones decrecientes y con cargas que van en aumento como lo ilustra la figura 161.

DATOS FISIOLÓGICOS

Zatsiorski (1966) presenta un análisis crítico del método de la pirámide. En él indica que la parte baja de la pirámide corresponde a esfuerzos repetidos, mientras que en la parte alta o superior se reproducen los esfuerzos máximos. Así, se podría pensar que la pirámide es más eficaz, ya que combina los dos

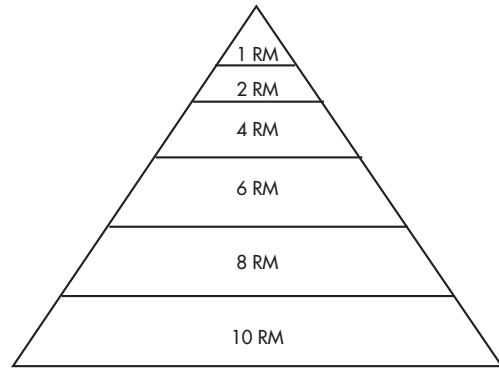


Figura 161. El método de la pirámide.

métodos. De hecho el encadenamiento de los 2 métodos no respeta los principios fisiológicos revisados antes. Observemos la parte baja de la pirámide. Nos encontramos con esfuerzos repetidos que van a tener un inconveniente muy grande: el atleta que los realiza sabe que tendrá que levantar cargas más pesadas en las siguientes series (incluso algunas máximas) y esto provoca que economice sus fuerzas. Las últimas repeticiones de cada serie serán extenuantes, pero también son las más eficaces (a causa de la

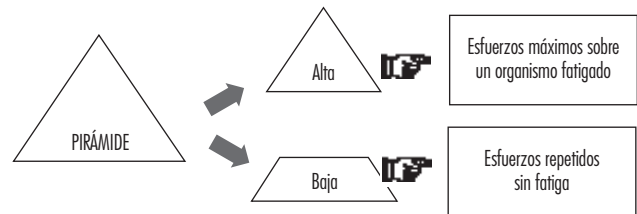


Figura 162. Las limitaciones del método de la "pirámide".

sincronización). Veamos ahora la parte alta de la pirámide: son esfuerzos máximos, pero se realizan en malas condiciones: el organismo está fatigado por los esfuerzos repetidos y el impacto del método sobre los mecanismos nerviosos será menos eficaz. De esta forma podemos comprobar las limitaciones del método de la "pirámide".

Según estos datos parece lógico invertir la pirámide. Zatsiorski lo habrá ya intentado con éxito (1966). Más tarde otros autores realizan la misma constatación, como es el caso de McDonagh y Davies (1984). De igual manera Fleck y Kraemer (1987) se deciden también por la "pirámide descendente" citando como referencia a Leighton y cols. (1967) y McMorris y Elkins (1954).

No es que el método de la pirámide ascendente sea malo, pero está limitado en la mejora de la fuerza. La pirámide permanece como un método para familiarizarse con cargas pesadas, pero no aconsejamos hacer ciclos de "pirámide".

Referencias	Sexo	Tipo de entrenamiento	Número de semanas	Días entr./ semana	Series y repeticiones	% progreso	% Test
Brown y Willmore, 1974	F	IT	24	3	8 sem = 1 x 10, 8, 7, 6, 5, 4 16 sem = 1 x 10, 6, 5, 4, 3	38	
Mayhew y Gross, 1974	F	IT	9	3	2 x 20	26	
Willmore, 1974	F	IT	10	2	2 x 7-16	29	
Willmore y cols., 1978	F	IT	10	3	40%-55% de 1 RM durante 30 s	20	
Berger, 1962	M	IT	12	3	3 x 6	30	
Fahey y Brown, 1973	M	IT	9	3	5 x 5	12	
Willmore, 1974	M	IT	10	2	2 x 7-16	16	
Allen y cols., 1976	M	IT	12	3	2 x 8, 1 x agotamiento	44	
Ariel, 1977	M	IT	20	5	4 x 8-3	14	
Willmore y cols., 1978	M	IT	10	3	40%-50% de 1 RM durante 30 s	8	
Gettman y cols., 1978	M	IT	20	3	50% 1RM, 6 sem = 2 x 10-20 14 sem = 2 x 15	32	IK 27
Coleman, 1977	M	IT	10	3	2 x 8-10 RM	12	IT 12
Coleman, 1977	M	VR	10	3	1 x 10-12 RM		IT 29
Ariel, 1977	M	IK 60° s	20	5	4 x 8-3		IT 11
Gettman y Ayres, 1978	M	IK 60° s	10	3	3 x 10-15		IT 9
Gettman y Ayres, 1978	M	IK 120° s	10	3	3 x 10-15		IT 11
Gettman y cols., 1979	M	IK	8	3	4 sem = 1 x 10 a 60° s 4 sem = 1 x 15 a 90° s	22	

IT: Isotónico; IK: Isocinético; VR: resistencia variable; % de progreso: progreso medido con el ejercicio que se entrena; % Test: progreso medido con otras formas de movimiento no entrenadas.

Tabla 8. Modificaciones de la fuerza en press-banca en las sesiones de entrenamiento (según Fleck y cols., 1987).

CONCLUSIÓN SOBRE LOS MÉTODOS

Después del análisis de los numerosos estudios con métodos variables, la tabla 8 muestra un resumen de experiencias sobre press-banca (según Kraemer y cols., 1988). La tabla 9 muestra el mismo análisis con el ejercicio del press de pierna.

Se puede constatar a partir de los resultados precedentes:

Referencias	Sexo	Tipo de entrenamiento	Número de semanas	Días entr./ semana	Series y repeticiones	% progreso	% Test
Mayhew y Gross	F	IT	9	3	2 x 10	48	
Brown y Willmore, 1974	F	IT	24	3	8 sem = 1 x 10, 8, 7, 6, 5, 4 16 sem = 1 x 10, 6, 5, 4, 3	29	
Willmore y cols., 1978	F	IT	10	3	40%-50% de 1 RM durante 30 s	27	
Allen y cols., 1976	M	IT	12	3	2 x 8 1 x agotamiento	71	
Willmore y cols., 1978	M	IT	10	3	40%-55% de 1 RM durante 30 s	7	
Gettman y cols., 1978	M	IT	20	3	50% 1 RM, 6 sem = 2 x 10-20 14 sem = 2 x 15		IK 43
Coleman, 1977	M	IT	10	3	2 x 8-10 RM	17	
Coleman, 1977	M	VR	10	3	1 x 10-12 RM		IT 18
Pipes, 1978	M	VR	10	3	3 x 8	27	IT 7,5
Gettman y cols., 1979	M	VR	20	3	3 x 8	18	IK 17
Gettman y cols., 1979	M	IK	8	3	4 sem = 1 x 10 a 60° s 4 sem = 1 x 15 a 90° s	38	IT 18
Gettman y cols., 1980	M	IK	20	3	2 x 12 a 60° s		VR 10

IT: Isotónico; IK: Isocinético; VR: resistencia variable; % de progreso: progreso medido con el ejercicio que se entrena; % Test: progreso medido con otras formas de movimiento no entrenadas.

Tabla 9. Modificaciones de la fuerza en press de pierna en las sesiones de entrenamiento (según Fleck y cols., 1987).

- Para la fuerza de las piernas medida en la prensa:
 - en el caso de las mujeres un estudio obtiene un 48% de progreso en 9 semanas (Mayhew y Gross, 1974);
 - en los hombres el progreso fue de un 71% en 12 semanas (Allen y cols., 1976) contra sólo un 7% en 10 semanas (Willmore y cols., 1978).
- Para la fuerza en press-banca:
 - en el caso de las mujeres se observa un 38% de mejora en 24 semanas (Brown y cols., 1974);
 - en los hombres, el progreso más importante es de 44% en 12 semanas (Allen y cols., 1976) contra sólo un 8% en 10 semanas (Willmore y cols., 1978).

La disparidad de los resultados se explica por el nivel de práctica de los sujetos que participaron en los experimentos.

RESUMEN

Se constata en la figura que el trabajo con 6 RM actúa sobre la masa muscular y sobre los factores nerviosos, por ello es fácilmente deducible que sea el más eficaz para el desarrollo global de la fuerza.

Pero si el número de RM disminuye, actuaremos sobre los factores nerviosos, siendo normal este tipo de entrenamiento en los halterófilos.

Si por el contrario aumenta el número de RM hasta 10, ya sabemos (capítulo sobre hipertrofia) que el efecto será importante sobre la masa muscular.

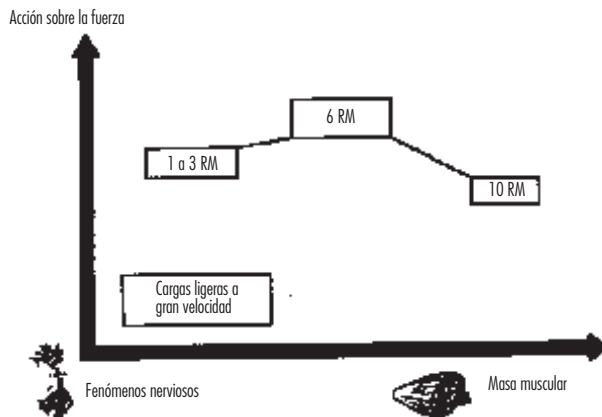


Figura 163. Efecto del número de repeticiones máximas sobre la mejora de la fuerza, sobre los factores nerviosos y la masa muscular.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS DE MUSCULACIÓN



- BERGER, R.A. (1962): Effect of varied weight training programs on strength, *Research Quarterly*, 33, 168-181.
- BERGER, R.A. and HARDAGE, B. (1967): Effect of maximum loads for each ten repetitions on strength improvement, *Research Quarterly*, 38, 715-718.
- DELORME, T. and WATKINS, A. (1948): Technique of progressive resistance exercise, *Archiv. Phys. Med Rehabil*, 29, 263-273.
- FLECK, S.J. and KRAEMER, W.J. (1987): Designing resistance training programs, *Humans Kinetics Books*, Champaign, Illinois.
- GILLIAM, G.M. (1981): Effect of frequency of weight training on muscle strength enhancement, *Journal of Sports Medicine*, 21, 432-436.
- HAKKINEN, K.; ALLEN, M. and KOMI, P. (1985a): Changes in isometric force and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining, *Acta Physiologica Scandinavica*, 125, 573-585.
- HAKKINEN, K. and KOMI, P.V. and ALLEN, M. (1985b): Effect of explosive type training on isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles, *Acta Physiologica Scandinavica*, 125, 587-600.
- HARRE, D. (1972): Trainingslehre, Sportverlag, DDR. 108 Berlin.fv.
- HUNTER, G.R. (1985): Changes in body composition, body build and performance associated with different weight training frequencies in males and females, *National Strength and Conditioning Association journal*, 7, 26-28.
- LEIGHTON, J.R.; HOLMES, D.; BENSON, J.; WOOTEN, B. and SCHRMERER, R. (1967): A study of the effectiveness of ten different methods of progressive resistance exercise on the development of strength, flexibility, girth and body weight, *Journal of the Association for physical and mental Rehabilitation*, 21, p. 79.
- SCHMIDBLEICHER, D. (1985): Classification des méthodes d'entraînement en musculation, en *Traduction Insep n° 498* (edited by Insep).
- SCHMIDBLEICHER, D. and BUERLE, M. (1987): Neuronal adaptation and increase of cross-sectional area studying different strength training methods, *Biomechanics*, X-B, Johnsson (ed) 615-621.
- ZATSIORSKI, V. (1966): Les qualités physiques du sportif, en *Traduction INS*.

Los tipos de contracción

DESCRIPCIÓN

Actualmente distinguimos varios tipos de contracción:

- el tipo isométrico.
- los tipos anisométricos.
- y la electroestimulación.

EL ENTRENAMIENTO ISOMÉTRICO

Es el más fácil de describir. Los músculos se contraen, las palancas no se mueven y los puntos de inserción son fijos (fig. 164).

EL ENTRENAMIENTO ANISOMÉTRICO

En este caso las palancas se desplazan, lo mismo que los puntos de inserción.

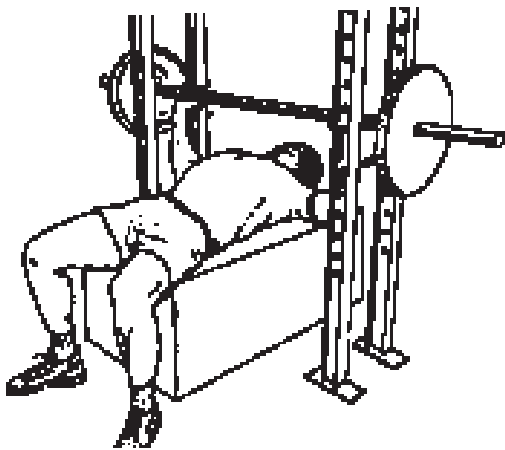


Figura 164. El trabajo isométrico.

El entrenamiento concéntrico

Es el más fácil de analizar: los músculos se contraen y los puntos de inserción se aproximan, el cuerpo muscular se "concentra", de ahí el nombre de régimen concéntrico (fig. 165).



Figura 165. El entrenamiento concéntrico.

El entrenamiento excéntrico

En este caso el músculo se contrae pero las inserciones se alejan entre sí, se "excentran", de ahí el término régimen excéntrico. (fig. 166).

El entrenamiento pliométrico

Menos corriente en la fisiología clásica, corresponde a lo que los científicos denominan "stretch-shortening ciclo" o el ciclo estiramiento-acortamiento (Goubel y cols., 1982). Concretamente el músculo se contrae en un primer tiempo, las inserciones se alejan, está funcionando de manera excéntrica, luego se acorta y entonces

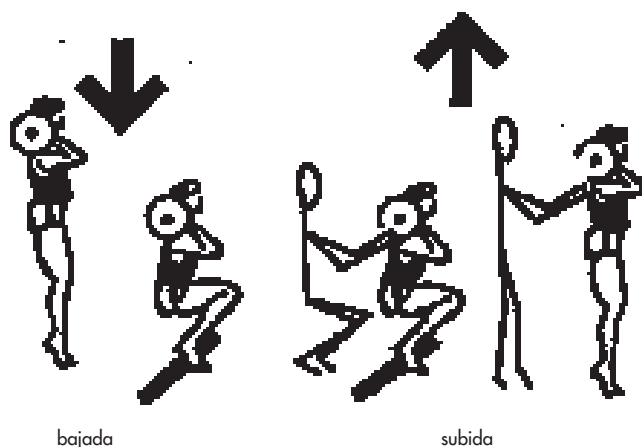


Figura 166. El entrenamiento excéntrico.

trabaja de forma concéntrica. El ejemplo más simple es el del salto para abajo: el atleta llegado al suelo se amortigua, lo que corresponde a una fase excéntrica (por ejemplo el cuádriceps trabaja estirándose) y efectúa una extensión de las piernas trabajando entonces de forma concéntrica (el cuádriceps se acorta). Para ser verdaderamente pliométrica, la contracción debe respetar un encadenamiento rápido una parada entre estas dos fases (Thys, 1975) produce realmente una modificación radical marcando una eficacia menor.

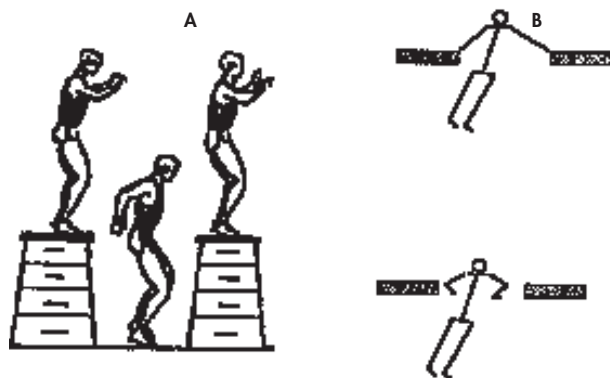


Figura 167. Ejemplos de contracción pliométrica: A: el salto para abajo. B: rebote en los brazos.

LA ELECTROMIOESTIMULACIÓN

Con toda probabilidad la contracción muscular inducida por electroestimulación presenta características que la convierten en un tipo de contracción particular. Aunque todos los parámetros fisiológicos no están dominados, la experiencia práctica muestra que este tipo de contracción "evocada" provoca efectos tan perturbadores como los otros tipos, lo que nos lleva a situarla al mismo nivel. Por otra parte, si por simplicidad el trabajo por electro-

estimulación se efectúa en situación isométrica, resulta igualmente posible provocar una contracción por estimulación dejando al músculo trabajar en concéntrico o en excéntrico.



Figura 168. El entrenamiento por electroestimulación.

EL INTERÉS DE LAS CONTRACCIONES

El entrenamiento tradicional es esencialmente concéntrico. De hecho no dispone más que de cuatro posibilidades para variar las estimulaciones de entrenamiento: el 10 x 10 y los tres métodos de Zatsiorski (fig. 169).

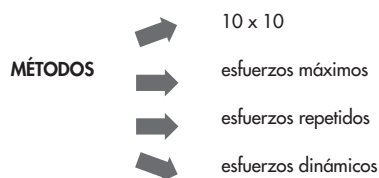


Figura 169. Las diferentes posibilidades del entrenamiento tradicional "concéntrico".

Con el descubrimiento de los diferentes regímenes el entrenamiento va a poder diversificarse. Cada método se puede hacer de cinco formas diferentes:

- Isométrico.
- Concéntrico.
- Excéntrico.
- Pliométrico.
- Por electroestimulación.

Esto va a dar un conjunto de combinaciones que representa la figura 170. No hemos hecho figurar el 10 x 10. En efecto, este método está dirigido a la hipertrofia; si uno lo combina con los diferentes tipos de contracción puede perder su objetivo inicial de aumento de la masa muscular. Estamos entonces en presencia de 15 posibilidades. Schmidtbleicher (1985) ha sido uno de los primeros en explorar estas diferentes posibilidades.



Figura 170. Las diferentes combinaciones de los métodos y de los regímenes de contracción.

EL ENTRENAMIENTO CONCÉNTRICO

HISTORIA

El capitán Thomas Delorme (1945) explora las diferentes posibilidades del entrenamiento concéntrico. Saca de sus estudios dos conclusiones:

- Los progresos no están presentes a menos que la carga usada en el entrenamiento se aumente a medida que avanzan las sesiones. Es el principio de la "sobrecarga" (overload) o de la "resistencia progresiva".
- El entrenamiento sólo es eficaz para cargas suficientemente pesadas. Llega a la conclusión de que la carga ideal se sitúa alrededor de 10 RM.

Delorme pone a punto un método que ha conservado su nombre. Consiste en efectuar sucesivamente:

- 1 x 10 con 50% de 10 RM
- 1 x 10 con 66% de 10 RM
- 1 x 10 con 100% de 10 RM

Desde entonces, constatando que era preferible comenzar por la serie pesada, se ha invertido el orden de las series. Es lo que llamamos "Oxford technique" de Zinovieff (1951) (igual a Delorme al revés).

- FLECK, S.J. and KRAEMER, W.J. (1987): Designing resistance training programs, *Humans Kinetics Books*, Champaign, Illinois.
- FOX, E.L. and MATTHEWS, D.K. (1984): Bases physiologiques de l'entraînement, París: Vigot.
- GOUBEL, F. and VAN HOECKE, J. (1982): Biomécanique et geste sportif, *Cinésiologie XXI*, 41-51.
- HAUPTMANN, M. and HARRE, D. (1985): Training zur Ausbildung der Maximalkraftfähigkeit. En *Theorie und Praxis der Körperkultur*, nº 9, 698-706.
- LETZELTER, H. (1983): Ziele, Methode und Inhalte des Krafttraining, Hamburg, Verlag Ingrid Czwalina.
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1985): Classification des méthodes d'entraînement, *traduction Insep* (ed. by Insep: París) n.º 498.
- THYS, H. (1975): Effet de l'amplitude du mouvement sur le rôle joué par l'élasticité musculaire dans l'exercice, *Revue Education Physique*, XV, 3.
- WEINECK, J. (1983): Manuel d'entraînement, París: Vigot.

DATOS EXPERIMENTALES

MacDonagh y otros (1984) construyen una tabla de diferentes experiencias realizadas en condiciones concéntricas. Es difícil sacar conclusiones definitivas por ser las condiciones de las diferentes experiencias tan dispares. MacDonagh y otros (1984) despejan por lo menos ciertas tendencias:

1. Con cargas inferiores al 66% no se consigue ningún progreso de la fuerza máxima (MVC) incluso con más de 150 contracciones por día.
2. Con cargas superiores al 66% se obtiene un aumento de la MVC de 0,5 a 2% por día.
3. Con cargas superiores al 66%, 10 contracciones por día son suficientes para producir un aumento significativo.
4. Los progresos en fuerza concéntrica más importantes (comprendidos entre 1,1 y 3% por día) se han obtenido con cargas pesadas.

EXPERIMENTACIÓN ANIMAL

MacDonagh (1984) aporta tres estudios que señalan un aumento de la fuerza producida por electroestimulación. Los resultados de estos tres estudios aparecen en la tabla 11.

Autores	Cargas % 1 RM	Número contr./días	Días de entrenamiento	Programa en fuerza isotónica (%)	Sig P<	Programa en fuerza isométrica (%)	Sig P<	Programa en fuerza isotónica/día (%)	Prog. en fuerza isométrica/día (%)
Dons y cols., 1979	50	20	21	24	NS	Sin cambio	-	1,1	-
Bonde-Petersen y cols., 1961	60	50	30	27	NS	Sin cambio	-	0,9	Sin cambio
Bonde-Petersen y cols., 1961	60	100	30	34	0,05	Sin cambio	-	1,1	Sin cambio
Bonde-Petersen y cols., 1961	60	150	30	29	0,05	Sin cambio	-	1,0	Sin cambio
Moritani y De Vries, 1980	66	20	24	NM	-	30	0,002	NM	1,25
Gallagher y cols., 1949	66	30	39	67 10 RM	0,001	NM	-	1,7	NM
MacDougall y cols., 1977	65	50	60	28	0,01	NM	-	0,47	NM
Thorstenson y cols., 1976	78	18	24	73	0,001	41	NS	3	1,3
Salter, 1955	75	30	16	NM	-	32	0,001	NM	2
Castill y cols., 1979	80	10	28	4	NS	14	0,05	0,1	0,5
Dons y cols., 1979	80	12	21	42	0,01	Sin cambio	-	2	Sin cambio

Tabla 10. Entrenamiento de fuerza con ejercicios concéntricos (según MacDonagh y otros, 1984).

El estudio de Gonyea y Bonde-Petersen (1978) compara un miembro entrenado y el miembro opuesto no entrenado. En los estudios de Stone y Lipner (1978) y Exner y otros (1973), animales de control no entrenados se comparan con un grupo entrenado. Vemos que los progresos en fuerza tetánica de estas tres experiencias están en una horquilla de 0,05 a 0,95% por día. Los animales eran sometidos a regímenes de entrenamiento muy severos. Para Gonyea el trabajo de los animales se ha aumentado el 900% entre el principio y el fin del entrenamiento. Esto ha conllevado una mejora de la fuerza tetánica del 23 al 41%. Para Exner las ratas han aumentado el peso levantado el 50%, pero la fuerza tetánica sólo el 21%.

BASES FISIOLÓGICAS

No volveremos sobre los parámetros en relación con la hipertrofia muscular vistos en el capítulo de los mecanismos de la fuerza. Vamos a fijarnos en las particularidades propias del entrenamiento concéntrico.

Autores	Entrenamiento	Días de entrenamiento	Aumento de estimulación	Aumento de tétanos	% días de estimulación	% días de tétanos	sobrecarga
Gonyea y Bonde-Petersen (1978)	Gatos llevando cargas en pata anterior derecha	70-427					
	M. palmaris longus	70-427	35%	23%	0,08 -0,5	0,05 -0,33	Aumento progresivo de la carga
	M. flexor		32%	41%	0,08 -0,4	0,1 -0,59	
Stone y Lipner (1978)	Ratas en cinta sin fin 48 m/min inclinación 33% 6 s, 6 s reposo x 6 Gastrocnemio y plantar	42	8%	40%	0,19	0,95	25 g/sem. durante 3 semanas x 3
Exner y cols. (1973)	Ratas, contracciones isométricas hasta fatiga (5-9 min), 3 veces al día Recto femoral sóleo	25		21% 1%		0,84 0,04	Aumento de las cargas

Tabla 11. Estudios del entrenamiento con carga en animales. Adaptación de la estimulación y de la fuerza tetánica (según MacDonagh y cols., 1984).

La electromiografía

LA CURVA EMG-TIEMPO

Si comparamos la curva EMG-tiempo construida en condiciones concéntricas con la obtenida en condiciones isométricas (figura 171), constatamos que para producir la misma fuerza, estamos obligados a activar neurológicamente el músculo de manera superior (la curva EMG-tiempo en las condiciones concéntricas está desviada hacia la izquierda).

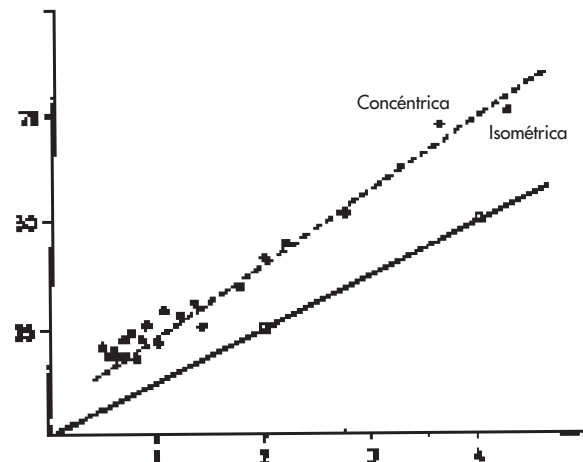


Figura 171. La curva EMG-tiempo en condiciones concéntricas e isométricas (según Monnot). Ordenada = IEMG, abscisa = tiempo en segundos.

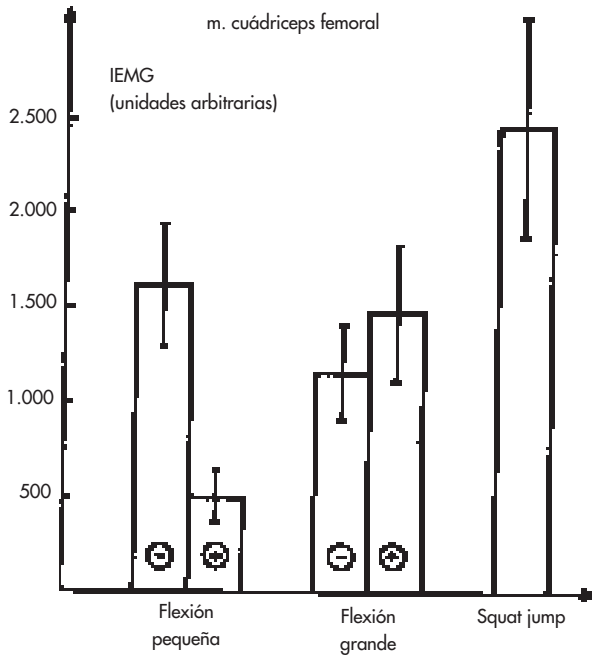


Figura 172. La actividad IEMG integrada sobre el cuádriceps durante las fases positiva y negativa en las tres situaciones para la misma elevación del centro de gravedad (según Bosco, 1985).

LA ACTIVACIÓN NERVIOSA

Bosco (1985) compara la actividad eléctrica de las piernas en diferentes tests de impulso (figura 172):

- El squat jump, que es un ejercicio esencialmente concéntrico (SJ).
- El salto con contramovimiento, que comporta una fase excéntrica y una fase concéntrica (CMJ). Este último test se ejecutaba según dos modalidades: con una gran flexión de las rodilla y con una pequeña flexión.

La figura 172 representa la actividad electromiográfica integrada (en una unidad arbitraria) del músculo cuádriceps en las fases excéntrica y concéntrica.

Constatamos que la sollicitación nerviosa de la fase positiva va en aumento cuando se pasa del CMJ con un pequeño ángulo de flexión al CMJ con flexión grande y al SJ. Es en esta última situación donde encontramos el máximo valor (incluso si lo comparamos a las diferentes fases excéntricas).

El trabajo concéntrico será entonces muy interesante para obtener voluntariamente una activación elevada de los músculos en cuestión.

LA RECUPERACIÓN

El esfuerzo concéntrico a igual intensidad es el que tiene la recuperación más corta.

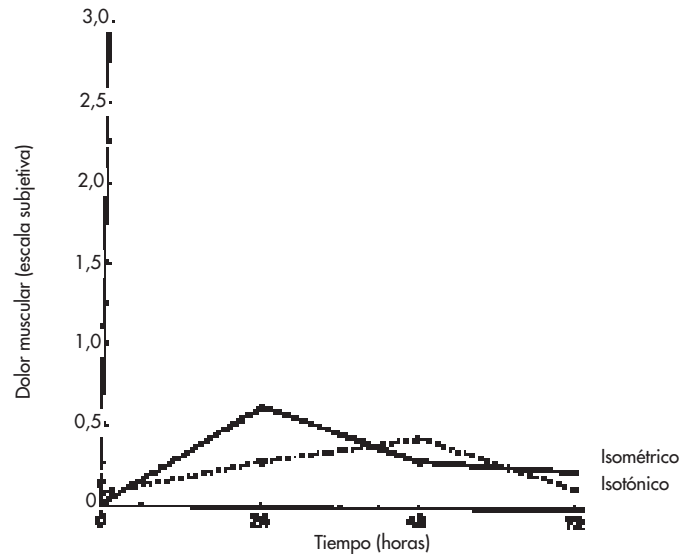


Figura 173. Las agujetas al final de los diferentes tipos de sesión (según Talag, 1973).

Para dar una idea de las alteraciones provocadas podemos referirnos a los trabajos de Talag (1973) a propósito de las agujetas consecutivas al esfuerzo concéntrico (figura 173).

LOS MÉTODOS

Son muy numerosos, aquí sólo mencionaremos los principales.

Los métodos clásicos americanos

LAS "SUPERSERIES"

Existen dos tipos de superseries cuya característica común es el encadenar series de dos ejercicios de la misma parte del cuerpo.

Las superseries "antagonistas"

Se trata de encadenar un ejercicio referente a un músculo agonista y un ejercicio sollicitando su antagonista. Ejemplos:

- Una serie del tríceps braquial seguida inmediatamente de una serie del bíceps.
- Una serie en la maquina del cuádriceps combinada con una serie en la maquina de los isquiotibiales.

Las superseries "agonistas"

Corresponden a lo que llamamos pre y postfatiga. Ejemplos:

- Una serie en la maquina del cuádriceps y una serie de squat.
- Una serie de separados y una serie de press-banca.

A veces podemos incluso encadenar tres ejercicios.

Interés de las superseries

- Agotamiento total de la región en cuestión.
- Muy eficaces para la hipertrofia.

LAS SERIES "ARDIENTES"

Consisten en efectuar 10 repeticiones máximas de un movimiento (hasta el agotamiento) y luego continuar con movimientos incompletos de cinco a seis repeticiones. La sensación en los músculos es entonces una impresión de "quemazón" o "ardor" de donde el método recibe su nombre (Richford, 1966).

Interés: particularmente eficaz para los músculos de los brazos.

LAS SERIES "FORZADAS"

Se trata, en una serie de 10 RM, de continuar 3 a 4 repeticiones con la ayuda de compañeros que aligeren un poco el peso para que la carga pueda ser levantada.

Interés: mejora la actitud de repetir una fuerza importante en un tiempo relativamente largo (remo, canoa, escalada).

LAS SERIES "SUPERFONDOS"

Este método es muy apreciado por los culturistas. Consiste en efectuar de 15 a 18 series del mismo movimiento efectuando sólo 2 o 3 movimientos por sesión. Se dejan 15 segundos de recuperación entre las series.

Interés: usamos este método para los músculos de la parte superior del cuerpo. Es demasiado duro para las masas musculares de la espalda y de las piernas. Está destinado a los halterófilos confirmados que quieran aumentar su masa muscular.

LAS SERIES "CON TRAMPAS"

Consisten en facilitar el comienzo del ejercicio (cada repetición) por movimientos de compensación. Ejemplo, en el trabajo del bíceps en posición de pie se ayuda con un movimiento del tronco. Esto permite levantar cargas más pesadas. Además ejercemos tensiones musculares durante más tiempo en el movimiento. En efecto, a menudo es el comienzo del movimiento el que resulta más duro y el que limita la carga levantada (bíceps, press-banca). Habitualmente el esfuerzo es importante al principio y cuando el atleta está en condiciones de ejercer una fuerza más grande la resistencia es demasiado ligera. Las series trucadas permiten entonces trabajar las otras fases del movimiento.

Interés: es igualmente un método interesante para la masa muscular, pero subrayamos que los movimientos de compensación son peligrosos; se debe, pues, ser prudente con los debutantes.

EL SISTEMA BULK

Consiste en efectuar triseries de 5 a 6 RM por ejercicio.

Interés: es uno de los sistemas más eficaces para los músculos de la espalda y de las piernas.

EL MÉTODO DE LA DOBLE PROGRESIÓN

Se desarrolla en dos tiempos:

- Se efectúa con carga constante y se aumentan las repeticiones.
- Luego se disminuyen las repeticiones para poder aumentar la carga.

Ejemplo:

series n.º	repeticiones	carga
1	4	60
2	6	60
3	8	60
4	10	60
5	12	60
6	10	70
7	8	80
8	6	90
9	4	95

Este método uno de los menos eficaces.

COMPARACIÓN

Leighton y cols. (1967) han comparado los métodos precedentes en una experiencia realizada con grupos que incluían cada uno de 20 a 29 estudiantes. Estos grupos entrenaban dos veces a la semana durante 8 semanas. Los resultados figuran en la tabla 12.

Tests	Pirámide descend.	Súper series	Series trucadas	Bulk	Doble progreso	Delorme	Oxford
Flexión del codo	11*	12*	23*	8*	7	9*	7*
Extensión del codo	9**	9	66**	9	25*	16	28**
Fuerza del espalda-piernas	24*	21*	27*	24**	13	0	11

Tabla 12. Comparación de los diferentes métodos (según Leighton y cols., 1967) en porcentaje de progreso.

* Resultados significativos a 0,01.

** Resultados significativos a 0,001.

El método de los contrastes

También llamado método "búlgaro", consiste en alternar en una misma sesión series pesadas y series ligeras efectuadas rápidamente. Tschien (1977) relata una experiencia hecha con este método.

Microciclo	Ejercicio	Núm. de series	Núm. de repeticiones	Carga % del máximo	Núm. veces total debe repetirse
1.º	Principal	5 3	6 6	60 30	2
	Auxiliar 1	5 3	6 6	60 30	
	Auxiliar 2	5	6	60-90	
2.º	Principal	5 3	5 6-8	70 35	2
	Auxiliar 1	5 3	6 6-8	60 30	
	Auxiliar-2	3	6	60	
3.º	Principal	5 3	4 6-8	80 40	2
	Auxiliar 1	5 3	5 6-8	70 35	
	Auxiliar 2	3	6	60	

Tabla 13. Ejemplo de trabajo en método por contraste efectuado durante 12 semanas (3 ciclos de 4 semanas) (según Tschiené, 1977). Todos los ejercicios deben realizarse a velocidad máxima.

La semana se componía de la siguiente manera:

– Lunes:

Ejercicio principal press-banca
Ejercicio auxiliar 1 squat
Ejercicio auxiliar 2 a elegir

– Miércoles:

Ejercicio principal squat
Ejercicio auxiliar 1 press-banca
Ejercicio auxiliar 2 a elegir

– Viernes:

Ejercicio principal lanzamientos
Ejercicio auxiliar 1 tracción
Ejercicio auxiliar 2 a elegir

Los progresos realizados en los tests han sido importantes (figura 174).

Interés: este método desarrolla fuerza y explosividad.

El método de la "carga descendente"

Proviene directamente de la crítica del método de la pirámide. Comporta dos modalidades:

- En la sesión: se trata de encadenar una pirámide al revés.
 - primera serie: 1 x 1 al 100%

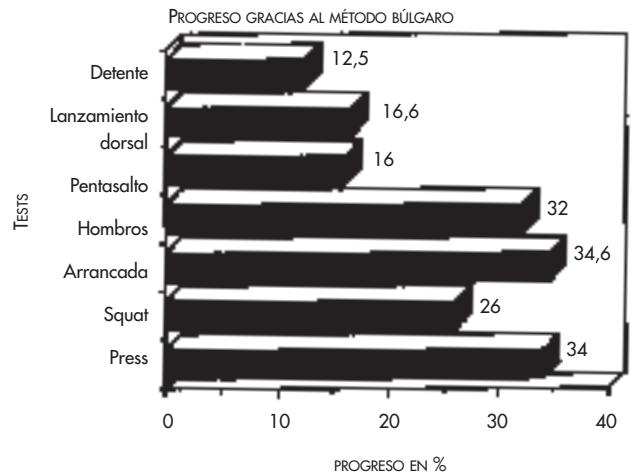


Figura 174. Progreso en los tests después de 12 semanas de método por contraste (según Tschiené, 1987).

- segunda serie: 1 x 3 al 90%
- tercera serie: 1 x 5 al 80%
- etc.

- En la serie: el atleta empieza su serie con una repetición al 100%, aligera, sigue con dos repeticiones al 90%, después dos al 85% y una al 80%.

Interés: Fleck y cols. (1986) consideran este método muy eficaz. Permite trabajar con esfuerzos máximos en un número de repeticiones importantes. Permite aplicar dos métodos en uno:

- Los esfuerzos máximos.
- Los esfuerzos repetidos.

El método de la pirámide en la serie

Supone también una modificación de la carga durante las repeticiones.

Ejemplo:

- 3 repeticiones al 50%, 2 al 60%, 1 al 70%, 2 al 60%, 3 al 50%, todas encadenadas.

Interés: el método es eficaz para la masa muscular y para la activación nerviosa.

La pre y la postfatiga

La pre-fatiga consiste en fatigar un músculo de modo analítico (por ejemplo el cuádriceps con una máquina) y efectuar un movimiento más global (aquí el squat). Así se puede localizar mejor el esfuerzo del squat en el cuádriceps.

La postfatiga consiste en hacer el proceso a la inversa, primero los squats y luego la máquina del cuádriceps.

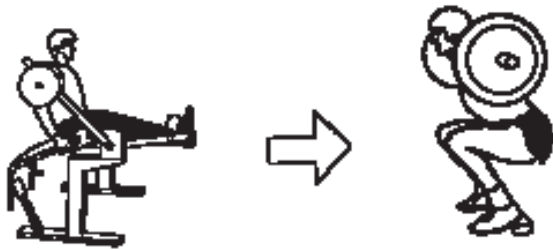


Figura 175. La pre-fatiga.

Interés:

La pre-fatiga:

- Permite localizar el trabajo muscular.
- Interesante para los debutantes.

La postfatiga:

- Eficaz para la masa muscular.

El método voluntario

Se apoya en el principio ilustrado por la figura 172: un esfuerzo que lleva únicamente una fase concéntrica "cuesta" más en el plan nervioso. Entonces es un esfuerzo favorable para preparar a un atleta a desarrollarse "voluntariamente".

Ejemplo: en press banca con una carga del 60% bajar a poner la barra sobre el pecho y después de soltar el músculo, empujar la barra de modo explosivo.

Interés: método eficaz en un período de competición.

En la segunda parte desarrollaremos con más detalle los demás métodos.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ENTRENAMIENTO CONCÉNTRICO



DELORME, T. and WATKINS, A. (1948): Technique of progressive resistance exercise, *Archiv, Phys. Med Rehabil.* 29, 263-273.

FLECK, S.J. and KRAEMER, W.J. (1987): Designing resistance training programs, *Humans Kinetics Books*, Champaign, Illinois.

LEIGHTON, J.R.; HOLMES, D.; BENSON, J.; WOOTEN, B. and SCHEMNER, R. (1967): A study of the effectiveness of ten different methods of progressive resistance exercise on the development of strength, flexibility, girth and body weight, *Journal of the Association for physical and mental rehabilitation*, 21, 79.

SCHMIDTBLEICHER, D. (1985): Classification des méthodes d'entraînement en musculation, en *Traduction Insep* n° 498 (ed. by Insep).

SCHMIDBLEICHER, D. and BUERLE, M. (1987): Neuronal adaptation and increase of cross-sectional area studying different strength training methods, *Biomechanics*, X-B, Jonsson (ed) 615-621.

ZATSIORSKI, V. (1966): Les qualités physiques du sportif, en *traduction INS*.

TALAG, T.T. (1973): Residual muscular soreness influenced by concentric, eccentric, and static contractions, *Res. Quarterly*, 44, 458.

TSCHIENE, R. (1977): Corso di aggiornamento sui lanci (Tirrenia, ottobre 1977) Ed: Gaetano dalla Pria.

VERCOSHANSKI, J.V. (1982): Le basi dell'allenamento della forza speciale nello sport, *Moscou*.

EL ENTRENAMIENTO ISOMÉTRICO

HISTORIA

Es en los años 1950 cuando Hettinger y Müller (1953) dan al trabajo isométrico una nueva importancia. En efecto, obtuvieron resultados espectaculares. La ganancia de fuerza registrada era de 2% por semana para los flexores del codo, para un trabajo equivalente a la contracción de 4 a 6 seg por día con una intensidad de 40 a 50% del máximo. Estos resultados se han discutido por 2 razones esenciales:

- En el curso de sus siguientes publicaciones, los progresos eran netamente menos espectaculares.
- Pero sobre todo los estudios siguientes (Bonde-Petersen, 1960) que respetan las condiciones experimentales de Hettinger no han revelado ninguna ganancia significativa.

LA FUERZA DESARROLLADA

Según Schmidtbleicher (1985) se desarrolla en situación isométrica del 10 al 15% de fuerza suplementaria en comparación con la concéntrica. Esta forma de trabajo será, pues, interesante para enseñar a los atletas a superar su máximo realizado en concéntrico.

DATOS EXPERIMENTALES

El entrenamiento isométrico

En MacDonagh y cols. (1984) se encuentra una síntesis de algunos estudios sobre el trabajo isométrico.

Constatamos que las ganancias de fuerza van del 0,4 al 1,1% por día.

Las cifras de la tabla 14 sugieren por otro lado:

- Que una contracción por día es insuficiente.
- Mientras que 5 contracciones o más son eficaces.
- La mayor parte de los tiempos de contracción están comprendidos entre 3 y 5 segundos.
- Es necesario utilizar la contracción máxima.
- Es necesario un producto "duración de las contracciones y número de contracciones" elevado.
- En estas condiciones se puede obtener hasta el 1% de progreso por día.

Autores	Duración de contrac.	Contrac. /día	Columna 1 x col. 2	Núm. días entrenam.	MVC prog. (%)	MVC prog. % por día	Músculo
Ikai y Fukunaga, 1970	10	3	30	100	92	0,9	Flexor codo
Komi y cols., 1978	3-5	5	15-25	48	20	0,4	Cuádríc.
Bonde-Petersen, 1960	5	10	50	36	16	0,4	Flexor codo
Bonde-Petersen, 1960	5	1	5	36	0	0	Flexor codo
Davies y Young, 1983	3	42	126	35	30	0,86	Tríceps sural
McDonagh y cols., 1983	3	30	90	28	20	0,71	Flexor codo
Grimby y cols., 1973	3	30	90	30	32	1,1	Tríceps

Tabla 14. Los efectos del entrenamiento por contracciones isométricas voluntarias (según McDonagh y cols., 1984).

El entrenamiento isométrico y el entrenamiento concéntrico

La comparación entre los dos regímenes de trabajo no es fácil. En efecto, depende de las condiciones en las cuales se efectúan los tests. Cuando los tests se efectúan en situaciones isométricas, el entrenamiento isométrico es más eficaz (Berger, 1963; Moffroy y cols., 1969). Cuando, por el contrario, los tests son efectuados sobre ejercicios dinámicos (1 RM), es el trabajo concéntrico el más competitivo (Berger, 1963). Parece, sin embargo (Fleck y Kreamer, 1986), que el entrenamiento concéntrico es más rentable que el trabajo isométrico (Atha, 1981; Campell, 1962; Chu, 1950; Fleck y Schutt, 1985).

Duchateau (1981) efectúa sobre el aductor del pulgar una comparación entre un entrenamiento isométrico y un entrenamiento dinámico (concéntrico) al 30% de la contracción voluntaria máxima. Constata que el entrenamiento isométrico desarrolla preferentemente la fuerza de las fibras rápidas, mientras que el dinámico no actúa más que sobre las fibras lentas. Por el contra-

rio, advierte que la velocidad de contracción mejora de manera más importante con el entrenamiento dinámico.

La especificidad de la posición

Ya hemos subrayado (ver capítulo sobre los factores nerviosos) que la eficacia del entrenamiento isométrico depende de la posición de trabajo (Bender y Kaplan, 1963; Gardner, 1963; Linch, 1979; Meyers, 1967; Raitsin, 1974).

La ganancia de fuerza se localiza en la posición adoptada en el curso del entrenamiento. Cuanto más se aleja de esta posición, más disminuye la ganancia de fuerza. Zatsiorski y Rajcin (1975) muestran (fig. 176) que la ganancia de fuerza está localizada en la posición de entrenamiento de un trabajo práctico a 130° (músculo en posición encogida). Por el contrario, no distinguen ninguna especificidad de esta ganancia cuando el músculo se entrena a extensiones medias (70°).

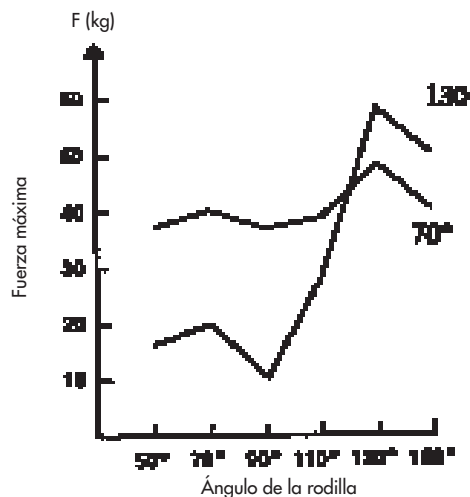


Figura 176. Ganancias de fuerza de los extensores de la rodilla para dos grupos de sujetos entrenados en contracción isométrica, respectivamente en las posiciones angulares de 70° y 130° (la extensión completa = 180°) (según Zatsiorski y Rajcin, 1975).

PARTICULARIDADES DEL ENTRENAMIENTO ISOMÉTRICO

La masa muscular

Según Vercoshanski (1982), el trabajo isométrico tiene menos incidencia sobre la masa muscular que el trabajo concéntrico (Rash y Morehouse, 1957). Por otra parte, Weineck (1983), subraya que los ejercicios isométricos, teniendo en cuenta las tensiones altas y sostenidas, no tienen efecto sobre la vascularización. La ganancia de masa engendrada por la isometría se hace, pues, sin aumento de la capilarización.

Ikai y Fukunaga (1970) obtienen en 100 días de entrenamiento un aumento de la sección de los flexores del codo del 23% (o sea, 0,23% por día de entrenamiento).

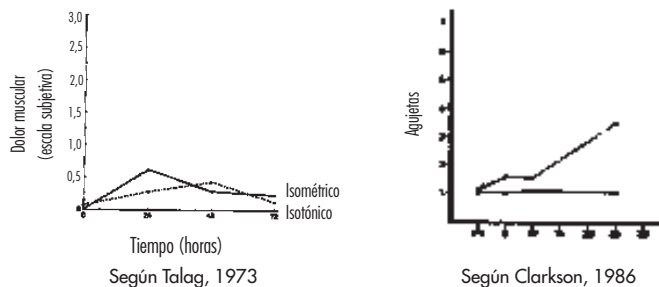


Figura 177. Las agujetas después de esfuerzos concéntricos e isométricos, (según Talag, 1973 y Clarkson, 1986).

La recuperación

Guardando el criterio de las agujetas evaluadas subjetivamente, la curva de Talag (1973) muestra una alteración poco marcada en el caso del ejercicio isométrico, bastante comparable a la del trabajo concéntrico.

Clarkson (1986), poniendo en duda estos resultados, ha recomenzado el mismo tipo de experiencia para constatar que las agujetas eran netamente superiores a lo que obtenía Talag. La explicación que él tiene para esto es que el ejercicio isométrico de Talag no debía ser máximo. En el caso de un trabajo intenso las alteraciones son mucho más marcadas en el esfuerzo isométrico (fig. 177).

Se pueden, pues, realizar 2 formas de trabajo isométrico (fig. 178):

- Una contracción isométrica máxima (que llamaremos isometría máxima) realizada con una intensidad comprendida entre el 95% y el 110% de la fuerza máxima concéntrica.
- Una contracción isométrica no máxima pero que debe ser mantenida hasta el agotamiento total (isometría total). La intensidad de la carga mantenida va del 50 al 90%.

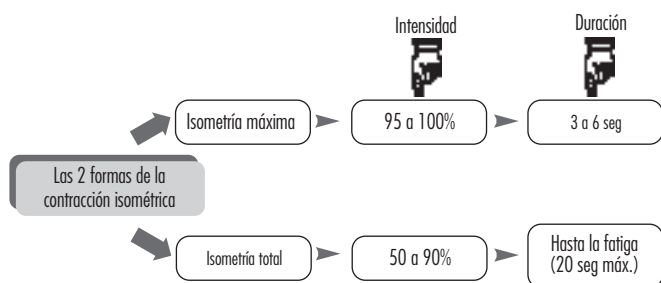


Figura 178. Las dos formas de trabajo isométrico.

La actividad eléctrica (EMG)

Si se mira la curva fuerza-tiempo obtenida en condiciones concéntrica e isométrica se constata que la contracción isométrica pide una activación muscular menor que la contracción concéntrica para producir la misma fuerza. El coste eléctrico de la contracción isométrica es intermedio entre el de la contracción concéntrica y la excéntrica (fig. 179) (Monnot).

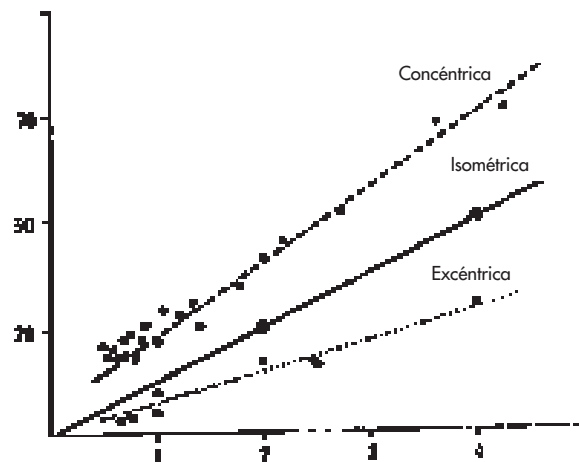


Figura 179. Curva IEMG-tiempo en las condiciones concéntrica, isométrica y excéntrica (según Monnot).

LAS DOS FORMAS DE CONTRACCIÓN ISOMÉTRICA

La contracción isométrica máxima

Para ser eficaz, debe ser lo más importante posible. La meta es sobrepasar la fuerza máxima concéntrica. Para obtener cómodamente tal intensidad es necesario un tiempo mínimo que se sitúa, como hemos visto, alrededor de 3 a 6 seg. Por el contrario, para desarrollar la fuerza explosiva, se puede pedir al atleta que llegue lo más pronto posible a la fuerza máxima. Esto se realiza bajo la forma de test por Schmidtbleicher. Se registra la fuerza desarrollada y la actividad eléctrica de los músculos (EMG) (fig. 180).

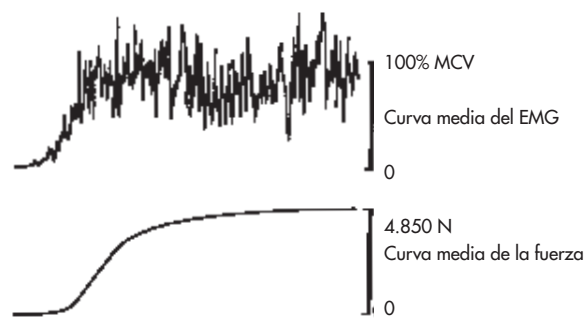


Figura 180. Registro de la fuerza y de la actividad eléctrica del tríceps en el curso de un test de contracción máxima isométrica (en la acción de extender el brazo) (según Schmidtbleicher, 1985).

La contracción isométrica hasta la fatiga

En el curso de una contracción isométrica hasta la fatiga total, se puede registrar actividad eléctrica (fig. 181). Cuanto más se cansa el músculo más aumenta la actividad eléctrica (lo que significa que se acumula más y que la frecuencia de los impulsos aumenta). Además, los temblores musculares que aparecen con el cansancio serían la señal de la intervención de la sincronización de las unidades motoras (Paillard, 1976).

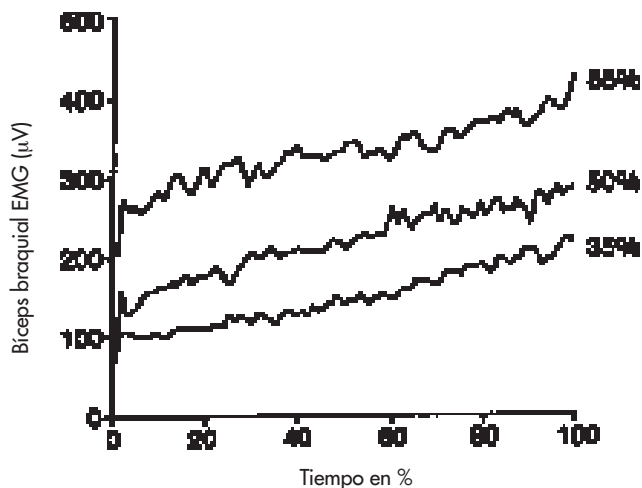


Figura 181. La actividad eléctrica de los músculos durante contracciones isométricas sostenidas hasta el cansancio (según Enoka, 1988).

Este tipo de contracción permite, pues, llegar a la activación máxima de los músculos gracias al cansancio y sin cargas demasiado pesadas. Este método no es siempre ideal para el trabajo de fuerza máxima y de fuerza explosiva si se emplea solo. Por el contrario, actuando conjuntamente con otras formas de trabajo llega a ser muy interesante. Así, si inmediatamente después de este tipo de esfuerzo se encadena un ejercicio concéntrico con carga ligera o un ejercicio pliométrico, se actúa sobre un músculo en plena activación. En ese caso se está seguro de trabajar con un músculo que va a funcionar al máximo de los mecanismos nerviosos. Es este tipo de encadenamiento el que preconizamos en la práctica. Es necesario, no obstante, tener en cuenta que el trabajo sobre un cansancio previo no es ideal en absoluto para mejorar la fuerza. Habrá que reservarlo a los principiantes o a la preparación invernal.

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LOS EJERCICIOS ISOMÉTRICOS

Para Zatsiorski (1966) hay que respetar ciertas reglas en la utilización de la isometría:

- Las tensiones deben ser máximas.
- La duración de las contracciones debe ser de 5 a 6 seg.
- Hay que escoger bien la posición de trabajo (próxima a la angulación principal del movimiento de competición).
- La cantidad de ejercicios isométricos no debe ser demasiado grande: no más de 10 a 15 minutos por sesión.
- No se debe utilizar la isometría más de 1 a 2 meses al año.
- La progresión con vistas a preparar un ejercicio isométrico ("el cristo" en las anillas, por ejemplo) debe en primer lugar pasar por el trabajo concéntrico; después se introducirán progresivamente las posiciones estáticas.

RESUMEN SOBRE LA ISOMETRÍA

Ventajas

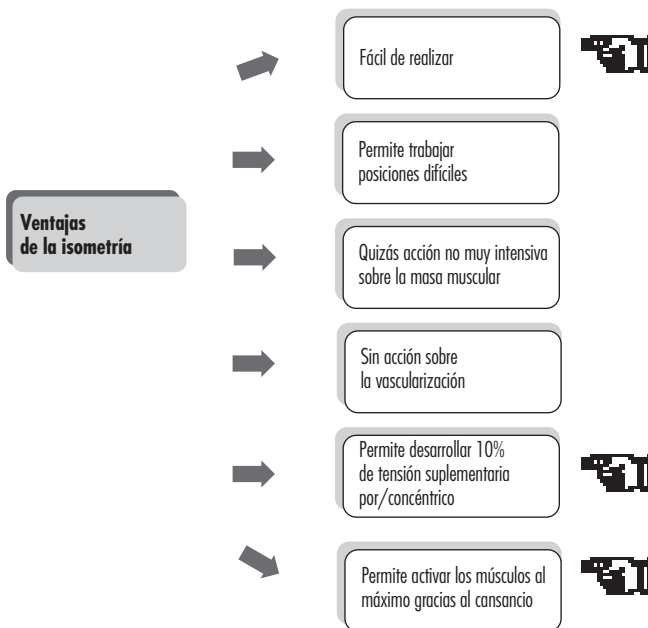


Figura 182. Las ventajas de la isometría.

Inconvenientes

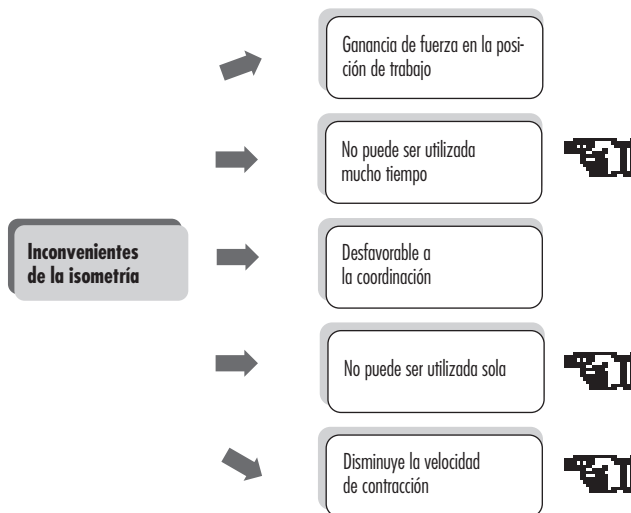


Figura 183. Los inconvenientes de la isometría.

PRINCIPALES MÉTODOS ISOMÉTRICOS

Sin entrar en el detalle de los métodos isométricos, vamos a ilustrar las principales formas de trabajo utilizadas (fig. 184).

Hemos hablado ya de la isometría máxima y de la total. Esta última es utilizada muy a menudo en prefatiga bajo la forma de "respaldo sin silla" o de squat, (fig. 185).

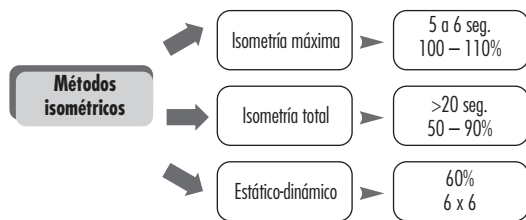


Figura 184. Los principales métodos isométricos.

Hay que señalar que estos 2 métodos (isometría máxima y total) son siempre combinados con otros tipos de contracción (concéntrica por ejemplo).

El método más eficaz haciendo mención a la isometría es un método mixto, pues implica una fase concéntrica y una fase isométrica en el mismo movimiento. Lleva el nombre de método estático-dinámico. Consta de un momento dinámico y un momento estático. Demos un ejemplo: sobre el movimiento del squat, el atleta baja después sube, se para entonces a medio camino (flexión de la rodilla a 90°) durante 2 a 3 seg y termina su movimiento de forma explosiva. No se ha realizado ningún estudio experimental sobre éste método; esto no es, pues, más que referencias empíricas que lo dan como competitivo. Tschien (1977) lo sugiere como tra-

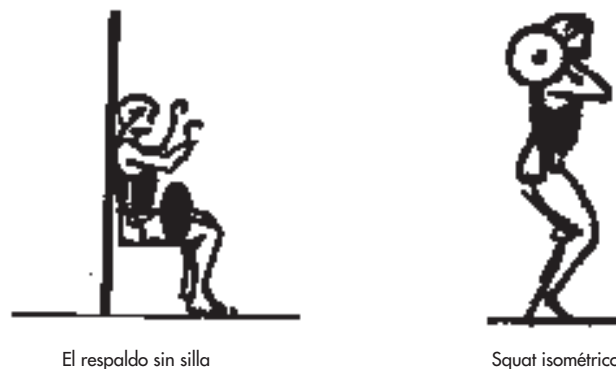


Figura 185. Dos maneras de utilizar la isometría total.

bajo preparatorio a las competiciones. La experiencia práctica confirma holgadamente su eficacia para poner a los atletas en forma. Psicológicamente se justifica el efecto de esta forma de trabajo por una movilización más importante de mecanismos nerviosos: la detención del movimiento aumenta la actividad nerviosa, y hemos visto que la fase concéntrica es ideal para activar plenamente los mecanismos nerviosos.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ENTRENAMIENTO ISOMÉTRICO



- BENDER, J. and KAPLAN, H. (1963): The multiple angle testing method for the evaluation of muscle strength, *Journal of Bone and joint surgery*, 45A, 135-140.
- BONDE-PEDERSEN, F. (1960): Muscle training by static, concentric and eccentric contractions, *Acta Physiol. Scand.* 48, 406-416.
- COLEMAN, A.E. (1969): Effect of unilateral isometric and isotonic contractions on the strength of the contralateral limb. *Research Quarterly*, 40, 490-495.
- DAVIES, C.T.M. and Young, K. (1983): Effect of training at 30% and 100% maximal isometric force (MVC) on the contractile properties of the triceps surae in man, *J. Physiol.* 336, 22-23P.
- GARDNER, G. (1963): Specificity of strength changes of the exercised and non-exercised limb following isometric training, *Research Quarterly*, 34, 98-101.
- GRIMBY, G.; HEIJNE, C. VON; HOOK, O. and WEDEL, H. (1973): Muscle strength and endurance after training with repeated maximal isometric contractions, *Scand J. Rehabil. Med.*, 5, 118-123.
- HEITINGER, TH. (1963): *Isometrisches Krafttraining*, Stuttgart.
- IKAI, M. and FUKUNAGA, T. (1970): A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement, *Eur. Journ. of Appl. Physiol.*, 28, 173-180.
- KOMI, P.; VIITASALO, J.T.; RAUMARAA, R. and VIHKO, V. (1978): Effect of isometric strength on mechanical, electrical and metabolic aspects of muscle function, *Eur. Journ. Appl. Physiol.*, 40, 45-55.
- LIBERSON, W.T. and ASA, M.M. (1959): Further studies of brief isometric contractions, *Archives of Physical Medicine and rehabilitation*, 40, 330-336.
- LINDH, M. (1979): Increase of muscle strength from isometric quadriceps exercise at different knee angles, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 11, 33-36.
- MACDONAGH, M.J.N.; HAYWARD, C.M. and DAVIES, C.T.M. (1983): Isometric training in human elbow flexor muscles, *J. Bone Joint Surgery*, 65, 355-358.
- MACDONAGH, M.J.N. and DAVIES, C.T.M. (1984): Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads, *European Journal of Applied Physiology*, 52, 139-155.
- MEYERS, C. (1967): Effect of two isometric routines on strength, size, and endurance in exercised and non-exercised arms, *Research Quarterly*, 38, 430-440.
- PAILLARD, J. (1976): Le codage nerveux des commandes motrices, *Revue, E.E.G. Neurophysiol*, 6, 4, 453-472.
- RAITSIN, L. (1974): The effectiveness of isometric and electro-stimulated training on muscle strength at different joint angles, *Yes-sis Review*, 11, 35-39.
- VERCOSHANSKI, Y. (1972): Grundlagen des speziellen Krafttrainings, in *modernes Krafttraining in Sport*, Berlin.
- WHITLEY, J.D. and ELLIOTT, G. (1968): Learning component of repetitive maximal static contractions, *Perceptual Motor Skills*, 27, 1.195-1.200.

EL ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO

HISTORIA

La utilización del régimen excéntrico es relativamente reciente. Komi y Burskirk (1972) muestran que 6 contracciones excéntricas efectuadas 4 veces por semana durante 7 semanas dan mejores resultados que el mismo programa que comporte un trabajo concéntrico (fig. 186).

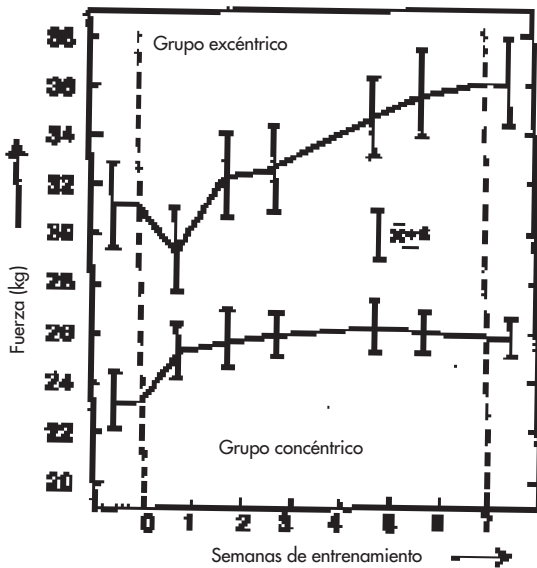


Figura 186. Eficacia de 2 programas concéntrico y excéntrico sobre la fuerza muscular (según Komi y Burskirk, 1972).

Desde entonces otros estudios han mostrado (Atha, 1981; Clarke, 1973; Fleck y Schutt, 1985) que un entrenamiento excéntrico de corta duración (8 a 12 semanas) mejora la fuerza máxima concéntrica, isométrica y excéntrica de manera significativa.

LA FUERZA DESARROLLADA

Según Schmidtbleicher, la fuerza desarrollada en contracción excéntrica es superior en 30% a la fuerza máxima isométrica. Este autor mide la fuerza excéntrica gracias a un aparato complejo (fig. 187). En la figura 188 se observa que el atleta que ejerce una fuerza isométrica máxima supera esta fuerza cuando se le somete a una carga correspondiente a una vez y media su máximo.

Schmidtbleicher habla de "fuerza absoluta" para calificar la fuerza máxima excéntrica. Es por supuesto en estas condiciones cuando el atleta desarrolla la máxima fuerza de que es capaz. Schmidtbleicher establece un índice haciendo la diferencia entre la fuerza máxima excéntrica y la fuerza máxima isométrica. Si este índice es igual al 30% en los sujetos de control, los atletas que poseen cualidades de explosividad bajan al 10%. Schmidtbleicher

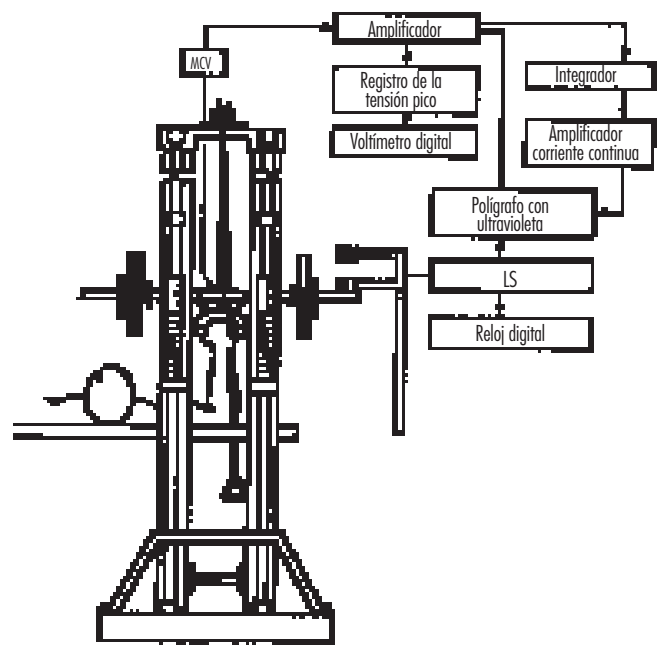


Figura 187. El aparato de Schmidtbleicher.

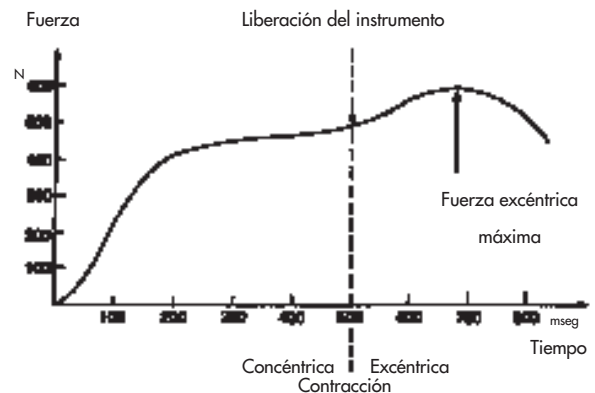


Figura 188. Registro de la fuerza máxima excéntrica (según Schmidtbleicher).

demuestra una correlación entre este índice y la fuerza explosiva. Cuanto más débil sea el índice más importante será la calidad de explosividad de los atletas. El entrenamiento de fuerza consiste en permitir al atleta utilizar una parte importante de su fuerza absoluta.

DATOS EXPERIMENTALES

Los resultados obtenidos gracias al trabajo excéntrico son hoy muy matizables. No se observan diferencias significativas entre los diferentes tipos de contracción, concéntrico, excéntrico e isométrico (Atha, 1981; Clarke, 1973; Fleck y Schutt, 1985).

Programas isométricos y excéntricos

En isometría cuando se efectúan los tests en isometría, no hay diferencias entre entrenamiento isométrico y entrenamiento excéntrico (Bonde-Petersen, 1960; Laycoe y Marteniuk, 1971).

Bonde-Petersen (1960) entrena a hombres y mujeres en las flexiones del codo y la extensión de la rodilla durante 36 entrenamientos repartidos en 60 días. Los atletas entrenados en isometría han progresado en fuerza isométrica:

- Para la flexión del codo: 13,8% los hombres y 10% las mujeres.
- Para la extensión de la rodilla: 10% los hombres y 8,3% las mujeres.

Los atletas entrenados en ejercicio excéntrico han obtenido los siguientes resultados:

- Para la flexión del codo: 8,5% los hombres y 5% las mujeres.
- Para la extensión de la rodilla: 14,6% los hombres y 11,2% las mujeres.

Lacoe y Marteniuk (1971) llegan a las mismas conclusiones. El entrenamiento dura 6 semanas a razón de 3 veces por semana. Los progresos para la extensión de la rodilla han sido del 17,4% y 17% respectivamente para el grupo isométrico y el grupo excéntrico.

Programas excéntricos y concéntricos

Johnson y cols. (1976) no han encontrado diferencia alguna en un programa de 6 semanas 3 veces por semana. El entrenamiento consistía para el grupo concéntrico en efectuar 2 series de 10 repeticiones al 80% de 1 RM, y para el grupo excéntrico 2 series de 6 repeticiones al 120% de 1 RM.

PARTICULARIDADES DEL ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO

La masa muscular

Según Komi y cols. (1972), el trabajo excéntrico no provoca un aumento de la masa superior al logrado con el trabajo concéntrico. Según nuestra experiencia diríamos que el régimen excéntrico no es favorable al desarrollo de la masa muscular.

La recuperación

LAS AGUJETAS

El entrenamiento excéntrico ocasiona agujetas muy intensas que son signo de alteraciones profundas. La curva de Talag habla por sí sola respecto a este fenómeno (fig. 189).

Podemos completarla con los trabajos de Clarkson (1986) y Gobelet (1988).

LAS ALTERACIONES MUSCULARES

Se sabe que el trabajo excéntrico ocasiona lesiones profundas en el músculo (fig. 190).

- Al nivel de la estría Z se constata según la intensidad del trabajo (Sjöström y Friden, 1984):
 - sea un espesamiento,
 - sea una ondulación de la estría Z,
 - sea en ángulo recto una rotura.
- Al nivel de las fibras se observa necrosis (destrucción) de gran número de ellas, sobre todo de las fibras de tipo II (Amstrong y cols.; Friden y cols., 1981; Newham y cols., 1983). En el curso de la recuperación se observa por el contrario una prolife-

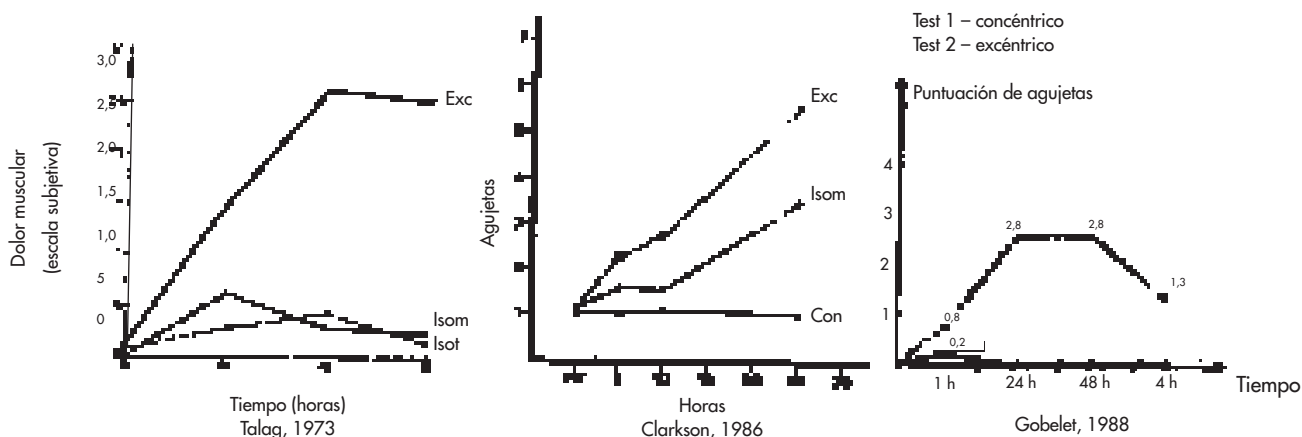


Fig. 189. Curvas de agujetas consecutivas a un esfuerzo excéntrico.

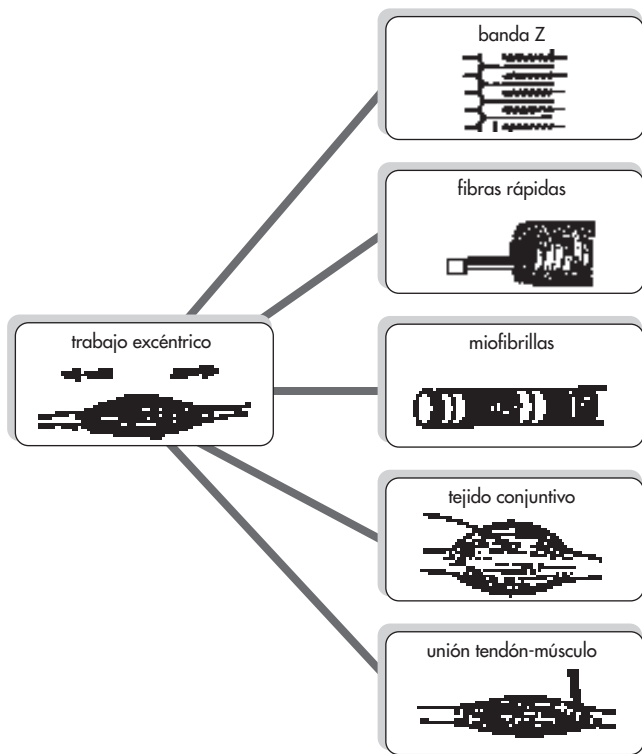


Figura 190. Influencia del trabajo excéntrico sobre la estructura del músculo.

ración de células satélites, señal según ciertos investigadores, de una regeneración de las fibras.

- Al nivel de las miofibrillas se observa una destrucción importante.
- El tejido conjuntivo está igualmente afectado (Abraham 1977).
- El aumento de la relación hidroxiprolina-creatinina (Gobelet, 1988) testimonia una afectación de la unión tendón-músculo.

Estas profundas alteraciones deben hacernos considerar el trabajo excéntrico con prudencia, lo que quiere decir:

- Combinar siempre el trabajo excéntrico con el concéntrico.
- Vigilar que haya una recuperación bastante larga entre el trabajo excéntrico y la competición.

LA REGENERACIÓN

Parece que existe una doble recuperación:

- Una recuperación a corto plazo (algunos días).
- Una recuperación a largo plazo (algunas semanas).

La recuperación a corto plazo

Sjöström y cols. (1984) muestran que la recuperación que sigue a una sesión de trabajo excéntrico comenzaría 3 días después. Esto es atestiguado por la presencia de complejos de poli-ribosomas en las zonas vecinas a las roturas, señal de rege-

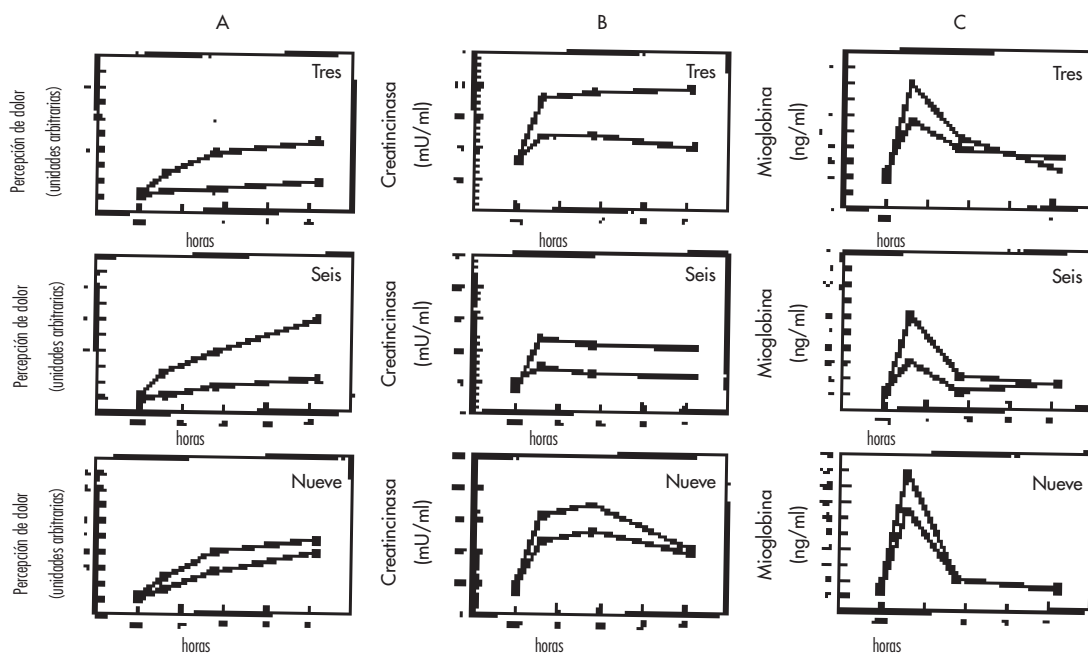


Figura 191. A. Intensidad del dolor, antes y 6 h., 18 h. y 42 h. después de la primera sesión (cuadros llenos) y la segunda sesión (cuadros vacíos) realizados 3, 6 y 9 semanas más tarde. B. Creatinincasa sérica; C. Mioglobina sérica (según Byrnes y cols., 1985).

neración de las fibras (Gobelet, 1987). La recuperación terminará 6 días después de la sesión de entrenamiento. En la práctica, el atleta después de una desadaptación total (no puede trabajar en musculación si las agujetas son intensas) que se sitúa de 2 a 3 días después de la sesión, es de nuevo capaz de los mismos logros en fuerza 6 días después del entrenamiento.

La recuperación a largo plazo

Si un atleta efectúa una segunda sesión de musculación excéntrica 2 semanas después de la primera, no se resiente ya de las agujetas. Si la segunda sesión tiene lugar 4 e incluso 6 semanas después, el resultado es el mismo. El efecto de la primera sesión, es todavía sensible 6 semanas más tarde (Gobelet, 1987). Hay que admitir, pues, que la recuperación de un esfuerzo excéntrico necesita un plazo más largo, que se evalúa en 6-10 semanas. Hakkinen considera que un ciclo de trabajo excéntrico debe situarse más lejos de una competición (alrededor de 2 meses). Lo que se experimenta empíricamente al nivel de la agujeta ha sido cuantificado científicamente sobre parámetros fisiológicos por Byrnes (1985) (fig. 191).

Se constata que la reanudación del ejercicio 3 y 6 semanas después ocasiona una disminución neta de la intensidad del dolor, paralela a un descenso de la concentración de la enzima (CK) y de la mioglobina.

Por el contrario, 9 semanas más tarde las alteraciones reaparecen.

LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA

Se observa una actividad eléctrica diferente en el curso de 2 contracciones ejecutadas en condiciones diferentes (concéntrica y excéntrica) (fig. 192).

La contracción excéntrica, como ya hemos visto, con la misma tensión muscular, necesita menos actividad eléctrica que las contracciones concéntrica e isométrica (fig. 193). La curva IEMG-fuerza está, pues, desplazada hacia la derecha. Esto significa que para producir una tensión equivalente la contracción excéntrica necesita reclutar menos unidades motoras (fig. 194).

Las unidades motoras reclutadas producen cada una una fuerza superior. Está, pues, claro que las fibras funcionan de manera

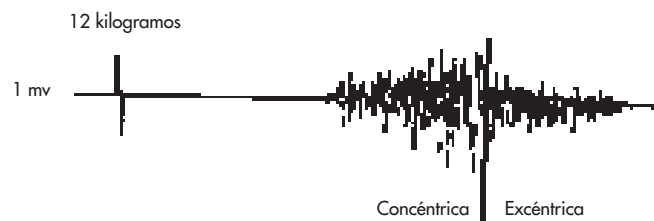


Figura 192. Electromiograma típico registrado en el bíceps braquial durante la flexión y la extensión del antebrazo con un peso de 12 kg (según Karpovitch y cols., 1975).

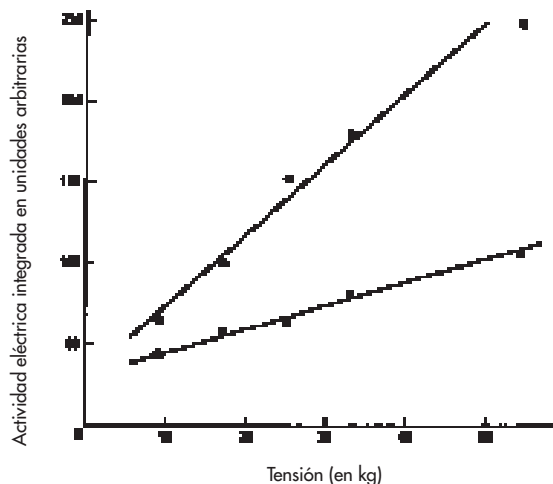


Figura 193. La curva IEMG-fuerza para las contracciones concéntricas (curva superior) y las excéntricas (curva inferior) obtenida en la pantorrilla (Bigland y cols., 1954).

diferente en el curso de la contracción excéntrica. Se comprende el interés por introducir este tipo de trabajo. Las fibras son solicitadas más intensamente.

Esto se ha confirmado en trabajos posteriores (Hakkinen y cols., 1987) en esfuerzos efectuados con máquinas analíticas para trabajar el cuádriceps. La comparación se realiza sobre una carga del 100% en contracción concéntrica y del 120% en contracción excéntrica (fig. 195).

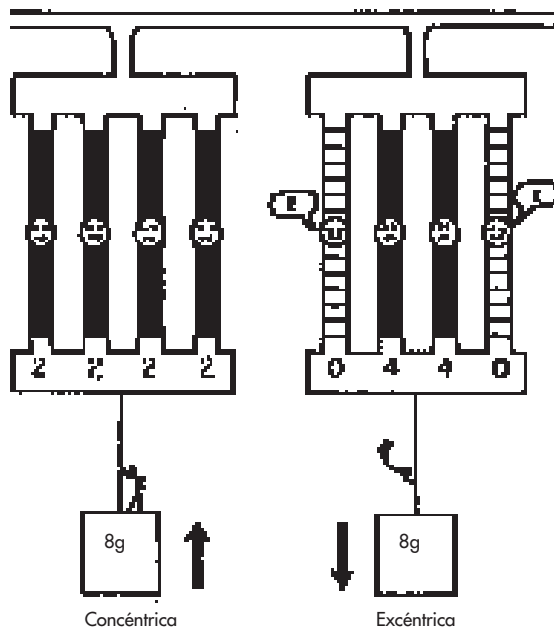


Figura 194. Representación esquemática del funcionamiento de las fibras en el curso de una contracción concéntrica y una contracción excéntrica (según Canadian Athletic Coach, 1985).

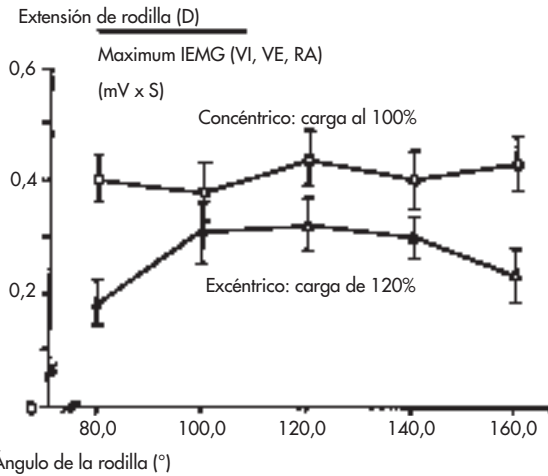


Figura 195. IEMG de los 3 músculos superficiales del cuádriceps (vasto interno y externo y recto anterior) (según Hakkinen y cols., 1987).

LOS MÉTODOS EXCÉNTRICOS

Daremos 2 ejemplos:

El método excéntrico-concéntrico: consiste en efectuar 4 repeticiones en excéntrico al 100% (en press-banca por ejemplo el atleta frena el descenso y los ayudantes le remontan la barra) y encadena 6 repeticiones en concéntrico al 50%.

El 120-80: consiste en bajar una carga del 120% y en subir una carga del 80%. Esto supone que el material puede ser de 2 tipos:

- Sea un resorte (fig. 196) que permite el alivio del peso.
- Sea una máquina de tipo "Berenice" programable que permite reemplazar los pesos por un motor y de esta forma cambiar la carga automáticamente (fig. 197).

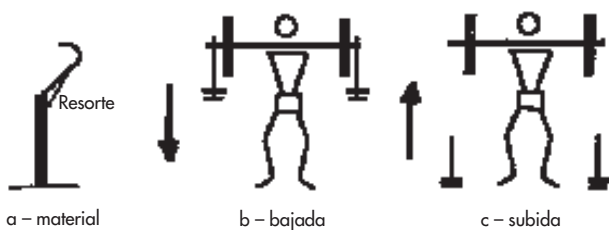


Figura 196. El 120-80.

Tschien (1977) aporta una experiencia (Iwanov y cols., 1977) que compara a 2 grupos (fig. 198):

- Un grupo que trabaja en concéntrico del 70 al 100%.
- Un grupo que utiliza el método 120-80 (que va hasta el 140%).

Los resultados de los tests muestran un claro avance para el método 120-80.

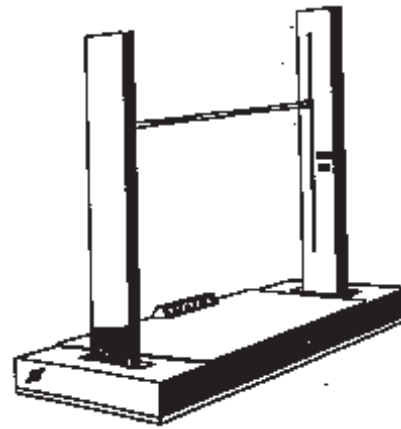


Figura 197. La máquina "Berenice" que permite programar las variaciones de cargas a voluntad.

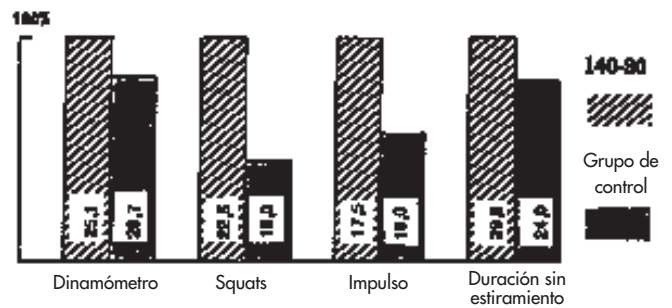


Figura 198. Resultados de los tests de los 2 grupos, concéntrico y método 120-80 (Iwanov y cols., 1977) (esquema de Letzelter, 1983).

RESUMEN DE LA CONTRACCIÓN EXCÉNTRICA

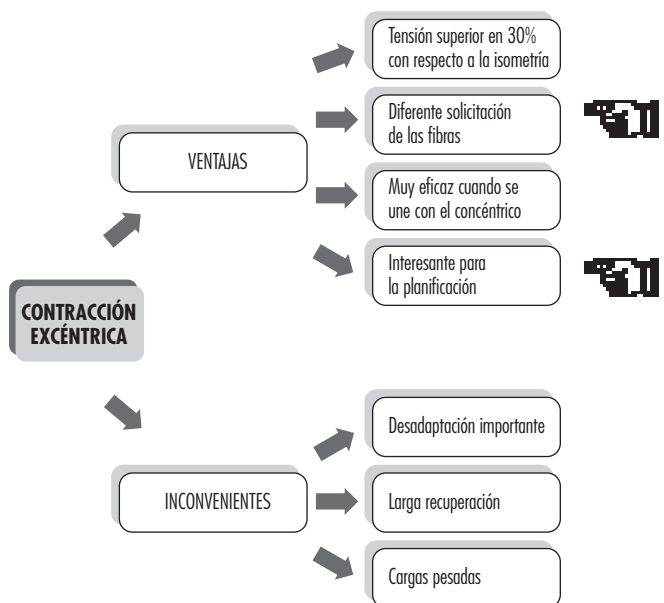


Figura 199. Ventajas e inconvenientes de la contracción excéntrica.



- ARMSTRONG, R.B.; OGILVIE, R.W. and SCHWANE, J.A. (1983): Eccentric exercise induced injury to rat skeletal muscle, *Journal of Applied Physiology*, 54, 80-93.
- ARMSTRONG, R.B.; SCHWANE, J.A.; JOHSON, S.R. and VANDENAKKER,, C.B. (1983): Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15, 51-56.
- AURA, O. and KOMI, P.V. (1986): Mechanical efficiency of pure positive and pure negative work with special reference to the work intensity, *International Journal of Sports Medicine*, 7, 44-49.
- AURA, O. and KOMI, P.V. (1986): The mechanical efficiency of locomotion in men and women with special emphasis on stretch shortening cycle exercise, *European Journal of Applied Physiology*, 55, 37-43.
- AVIS, F.J.; TOUSSAINT, H.M.; HUIKING, P.A. and VAN HINGEN SCHENAU, G.J. (1986): Positive work as a function of eccentric load in maximal leg extension movements, *European Journal of Applied Physiology*, 55, 562-568.
- BENNETT, J.G. and STAUBER, W.T. (1986): Evaluation and treatment of anterior knee pain using eccentric contraction, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18, 526-530.
- 📄 BESSOU, P. (1986): Etude des propriétés physiologiques de la contraction excentrique, des altérations biochimiques et histologiques qui l'accompagnent, *Cinésiologie* 25, n 107 supplément, 15-18.
- BOSCO, C. (1985): L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. *Atleticastudi*, 1, 7-115.
- BOSCO, C.; VITTORI, C. and MATTEUCI, E. (1985): Considerazioni sulle variazioni dinamiche di alcuni parametri biomeccanici nella corsa, *Atleticastudi*, 2, 147-154.
- BYRNES, W.C. and CLARKSON, P.M. (1986): Delayed onset muscle soreness and training, *Clinics in Sport Medicine*, 5, 605-614.
- BYRNES, W.C.; CLARKSON, P.M. and KATCH, F.I. (1985): Muscle soreness following resistance exercise with and without eccentric contractions, *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 56, 283-285.
- BYRNES, W.C.; CLARKSON, P.M.; WHITE, J.S.; HSIEH, S.S.; FRYKMAN, P.N. and MAUGHAN, R.J. (1985): Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running, *Journal of Applied Physiology*, 59, 710-715.
- CHAPMAN, A.E. (1985): The mechanical properties of human muscle, *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 13, 443-501.
- CHAPMAN, A.E.; CALDWEL, G.E. and SELBIE, W.S. (1985): Mechanical output following muscle stretch in forearm supination against inertial loads, *Journal of Applied Physiology*, 59, 78-86.
- CLARKSON, P.M.; BYRNES, W.C.; MAC CORMICK, K.M.; TURCOTTE, L.P. and WHITE, J.S. (1986): Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric and concentric exercise, *International Journal of Sports Medicine*, 7, 152-155.
- EVANS, W. (1987): Exercise-induced skeletal muscle damage. *The Physician and Sports Medicine*. 15, 89-100.
- FRIDEN, J.; SFAKIANOS, P.N. and HARGENS, A.R. (1986): Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load, *Journal of Applied Physiology*, 61, 2.175-2.179.
- HAKKINEN, K. and KOMI, P.V. (1985): Changes in electrical and mechanical behavior of leg extensor muscles during heavy resistance strength training, *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 7, 55-64.
- HAKKINEN, K. and KOMI, P.V. (1985): Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises, *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 7, 65-76.
- JARIC, S.; GRAVILOVIC, P. and IVANCEVIC, V. (1985): Effects of previous muscle contractions on cyclic movements dynamics, *European Journal of Applied Physiology*, 54, 216-221.
- KANEKO, M.; KOMI, P.V. and AURA, O. (1984): Mechanical efficiency of concentric and eccentric exercises performed with medium to fast contractions rates, *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 6, 15-20.
- KASPEREK, G.J. and SNIDER, R.D. (1985): Increased protein degradation after eccentric exercise, *European Journal of Applied Physiology*, 54, 30-34.
- 📄 KOMI, P. and BURSKIRK, E.R. (1972): Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle, *Ergonomics*, 15, 8.
- LYLEIRE, J.C. and PERTUZON, E. (1985): Facteurs limitants de la musculation en régime de contraction excentrique, *Activités physiques, sports: journées d'automne* 29, 30, 31 octobre 1985, Beaune, 95-96.
- MC CULLY, K.K. and FAULKNER, J.A. (1985): Injury to skeletal muscle fibers of mice following lengthening contractions, *Journal of Applied Physiology*, 59, 199-126.
- MC CULLY, K.K. and FAULKNER, J.A. (1986): Characteristics of lengthening contractions associated with injury to skeletal muscle fibers, *Journal of Applied Physiology*, 61, 293-299.
- MILES, D.S.; OWENS, J.L.; DOLDEN, J.C. and GOTSHALL, R.W. (1987): Central and peripheral hemodynamics during maximal leg extension exercise, *European of Appl. Physiology*, 56, 12-17.
- NEWHAM, D.J.; JONES, D.A.; TOLFREE, S.E.J. and EDWARDS, R.H.T. (1986): Skeletal muscle damage: a study of isotope uptake, enzyme efflux and pain after stepping, *European Journal of Applied Physiology*, 55, 106-112.
- POULAIN, P.; LYLEIRE, J.C. and PERTUZON, E. (1986): Effects à court et moyen termes de séances de musculation excentrique sur les propriétés mécaniques du muscle squelettique humain, *STAPS*, 7, 29-42.

POULAIN, P. and PERTUZON, E. (1985): Effects des différentes méthodes d'entraînement sur la puissance maximale des fléchisseurs du coude, *Activités physiques, sports: journées d'automne*, 29, 30, 31 octobre 1985, Beaune, 97-98.

POUSSON, M. (1984): Contribution à l'étude de l'incidence de la musculature excentrique sur l'emmagasinement d'énergie élastique dans le muscle, *Insep*, Paris.

☞ SJÖSTRÖM, M. and FRIDEN, J. (1984): Muscle soreness and muscle structure, *Medecine Sport Sci.*, 17, 169-186.

STOBOY, H. (1987): Das Muskeltraining und seine Bedeutung für

den atrophierten und normalen Muskel, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 38, 377-389.

Walmsley, R.P.; Pearson, N. and Stymiest, P. (1986): Eccentric wrist extensor contractions and the force velocity relationship in muscle, *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 8, 288-293.

WELLS, R.; MORRISSEY, M. and HUGHSON, R. (1986): Internal work and physiological responses during concentric and eccentric cycle ergometry, *European Journal of Applied Physiology*, 55, 295-301.

EL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

HISTORIA

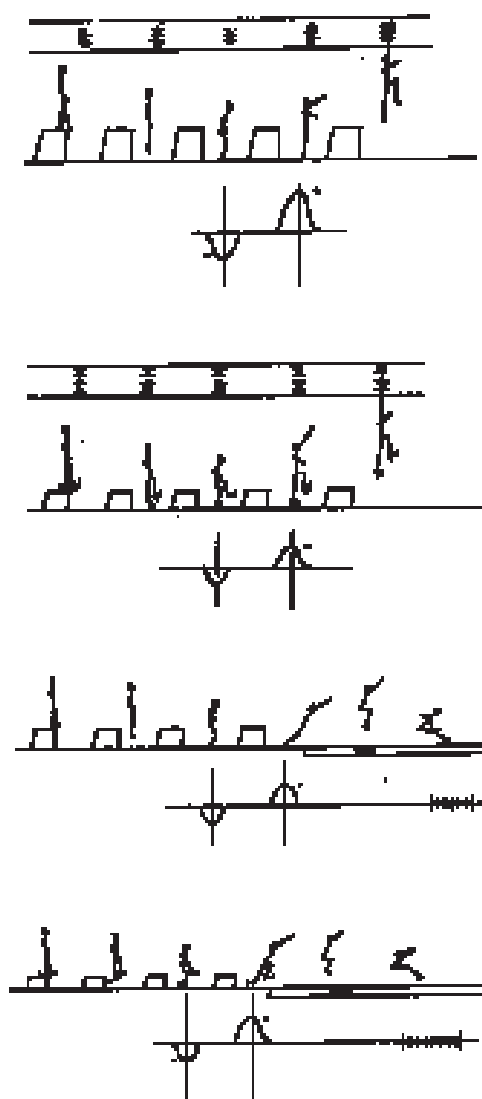


Figura 200. Ejemplos de ejercicios propuestos por Zanon.

Es Zanon (1974) el primero en atraer la atención de los entrenadores hacia la contracción pliométrica. Propone tests (ver "La pliometría", Cometti, 1988) y situaciones de entrenamiento (fig. 200).

Asmunssen (1974) es el primero en proponer la utilización de tres tests (SJ, CMJ y DJ). Muestra que los sujetos mejoran su rendimiento en un 5% cuando pasan del SJ al CMJ y en un 11% del SJ al DJ (fig. 201).

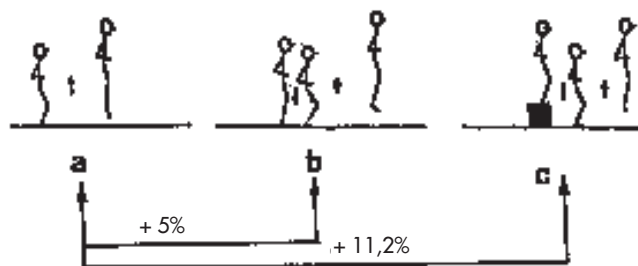


Figura 201. Tests y resultados de Asmunssen (1974).

DATOS EXPERIMENTALES

Es Bosco el más interesado en la pliometría y su incidencia sobre el entrenamiento deportivo.

Primer estudio de Bosco (1979)

Este estudio fue llevado a cabo de 1976 a 1978 en dos grupos de jugadores de voleibol:

- un grupo de 8 hombres pertenecientes al equipo de Finlandia.
- un grupo de 8 mujeres de nivel nacional.

Los dos grupos se entrenan de 5 a 6 veces semanales con un programa de musculación tradicional. El grupo femenino sirve de grupo de control. En el grupo masculino se introduce tres veces por semana una sesión que comprende de 7 a 9 series de 10 saltos hacia abajo, efectuados con una altura de salto óptima para

cada uno, con 4 min de pausa entre series. Antes y después del período de entrenamiento los atletas han efectuado los tests de squat jump (SJ), countermovement jump (CMJ) y drop jump (DJ).

GRUPOS	TESTS	SJ (cm)	CMJ (cm)	BDJ (cm)
jugadores de voleibol	antes	37,5	42,3	39,3
	después	39,9	47,1**	45,1*
jugadoras de voleibol	antes	23,9	27,8	30,7
	después	23,5	28,3	31,2

Tabla 15. Resultados del experimento de pliometría en jugadores de voleibol (Bosco, 1979).

Se comprueba que los resultados en SJ no han variado y por el contrario, los tests que hacen intervenir la elasticidad progresaron de forma significativa en el grupo experimental (11% en el CMJ y 15% en el DJ).

Segundo estudio de Bosco (1982)

El experimento se realizó igualmente en los jugadores de voleibol, pero esta vez con una variante en los ejercicios de pliometría. En vez de amortiguar los saltos hacia abajo con una flexión natural de rodillas relativamente pequeña, se trata de partir de un plinton y llegar al suelo con una flexión de rodilla de 90°. En este caso el brazo de palanca es desfavorable y entonces el atleta se ve obligado a desarrollar una tensión más importante (fig. 202).

Se han constituido dos grupos de sujetos :

- 14 jugadores del equipo de Italia de voleibol sirvieron de grupo experimental.
- 11 jugadores del equipo de voleibol universitario sirvieron de grupo de control.

El grupo de control introdujo 2 veces por semana en su entrenamiento sesiones que comprendían ejercicios de saltos hacia abajo en posición flexionada a 90°. La experiencia duró 8 semanas. Los resultados de los tests se reflejan en la tabla 16.

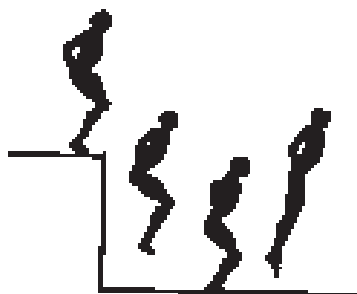


Figura 202. El ejercicio de Bosco (salida del plinton y recepción en el suelo a 90°).

	Edad	Altura	Peso	Mayo 1981		8 semanas después	
				SJ	CMJ	SJ	CMJ
Equipo italiano de voleibol	24,5	194,5	87,1	37,7	46,4	49,2	55,8
Equipo universitario	21,6	192,5	84,7	41,8	50,2	38,5	47,6

Tabla 16. Resultados del entrenamiento de pliometría con flexión de rodilla de 90°.

Experiencias con "sobrecarga"

Hoy interesa mucho saber la carga ideal que debe manejar el atleta. Vercoshanski (1982) propone para tal elección una referencia al peso del cuerpo. Bosco (1985) propone otra solución. Si el atleta debe entrenarse con una carga suplementaria, es necesario hallar un medio que permita individualizar la carga. Si, además, el atleta debe realizar un trabajo de pliometría, es necesario elegir el peso según criterios en relación con el estiramiento. Bosco puso a punto un protocolo que aparece en la tabla 17.

Carga	0	10	20	29,6
CMJ (cm)	45,4	36,2	33,8	30,1
SJ (cm)	42	31	16	27,9
$h = (CM - SJ)$ (cm)	3,4	5,1	4,2	2,2

Tabla 17. Elevación de G (sujeto de 70 kg) en función de la carga, en el SJ y el CMJ (según Bosco, 1985).

El sujeto realiza 2 tests de SJ y CMJ con cargas que van en aumento, (0, 10, 20, 30, etc.) y se calcula para cada etapa la diferencia CMJ y SJ. Se constata que este valor evoluciona para llegar a un máximo (aquí para 10 kg). Bosco considera que se trata de la sobrecarga ideal para este atleta.

Si se comparan los resultados obtenidos por Bosco con los de la literatura, se observan ciertas diferencias. Se habla hasta de un peso equivalente al 5% del peso corporal. Bosco alcanza valores del 10 al 25% para los jugadores del equipo de Italia de voleibol y del 20 al 30% para los saltadores (hombres y mujeres) de nivel internacional.

Caiozzo y Kyle (1980) confirmaron estos resultados con valores que van del 10 al 40% del peso corporal.

Relación fuerza-velocidad

Se puede establecer una curva fuerza-velocidad como lo hizo Zatsiorski (1966), pidiendo a un atleta que salte partiendo de una posición flexionada (SJ) y haciendo variar el peso del cuerpo del atleta con la ayuda de una sobrecarga (fig. 203).

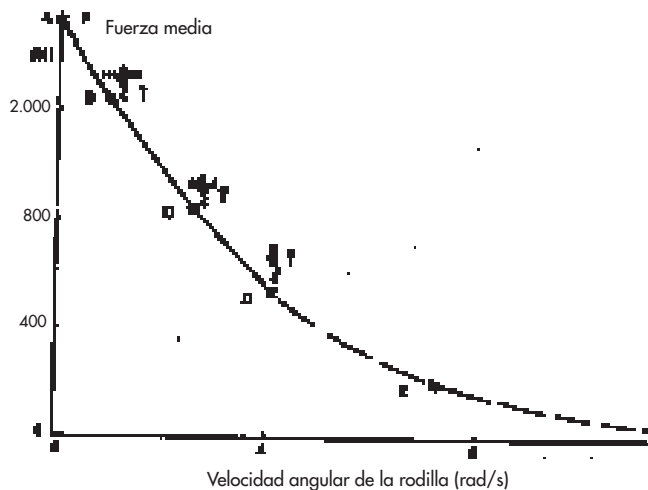


Figura 203. Curva fuerza-velocidad realizada midiendo la velocidad angular de la rodilla (abscisas) y la fuerza desarrollada en el suelo (ordenadas), aumentando progresivamente la sobrecarga (según Bosco, 1985).

En las impulsiones atléticas el atleta debe producir una fuerza muy importante en un tiempo muy corto. Esto no es posible para Bosco sin hacer mención de la elasticidad muscular. La figura 204 muestra dónde se sitúan los esfuerzos pliométricos (DJ), impulso de altura o longitud). Se comprueba que la eficacia de estas situaciones es superior; la curva se encuentra desplazada hacia la derecha.

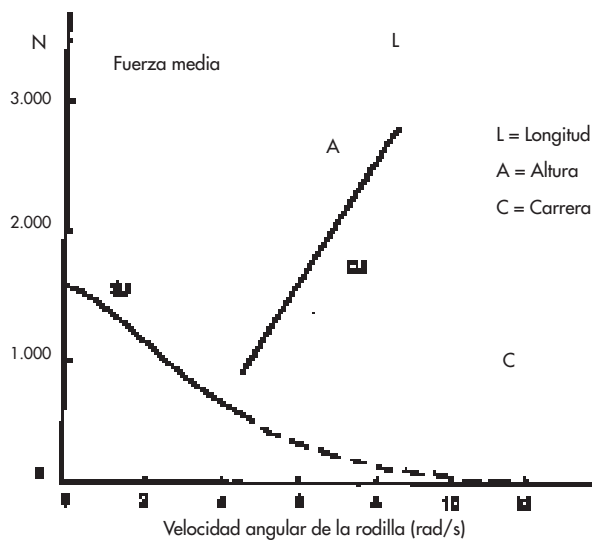


Figura 204. Curva fuerza-velocidad en situación de squat jump y resultados de diferentes tests (DJ) y pruebas (longitud, altura, esprint) (según Bosco, 1979).

Bosco y cols. (1986) experimentan un entrenamiento con sobrecarga en esprinters. Constituyen 2 grupos de 7 sujetos:

- Un grupo de control que se entrena normalmente.
- Un grupo experimental que carga de manera permanente durante la duración del experimento (3 semanas) un chaleco con un lastre del 7 al 8% del peso del cuerpo.

El chaleco lastrado se lleva de la mañana a la tarde y durante las 3 sesiones de entrenamiento. Los tests fueron realizados antes y después del experimento. El grupo de control no registró diferencias significativas.

El grupo experimental mejora sus rendimientos en SJ con y sin cargas y en el test de Bosco de 15 segundos (fig. 205).

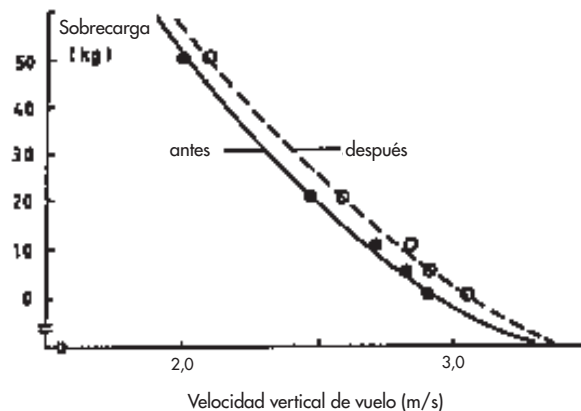


Figura 205. Curva fuerza-velocidad medida en SJ antes y después de 3 semanas de un período de "sobrecargas" en el grupo experimental (según Bosco y col., 1986). Se ve que la curva se desplaza hacia la derecha.

REGISTROS ELECTROMIOGRÁFICOS

Tests

Es posible comparar situaciones concéntricas (SJ) y pliométricas (CMJ y DJ) a nivel de registro de la actividad eléctrica de los músculos (Bosco, 1985).

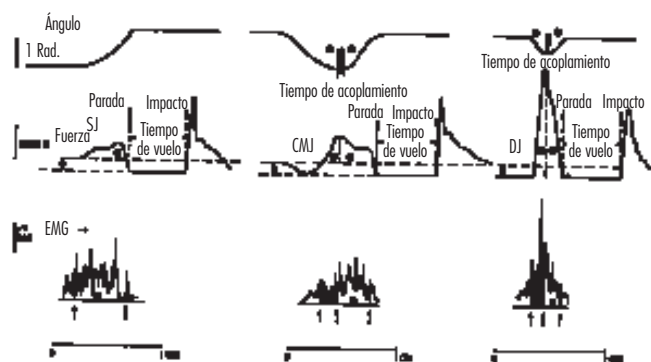


Figura 206. Desplazamiento angular de la rodilla, registro de presiones verticales en plataforma de fuerza, y EMG en el curso de las diferentes fases (concéntrica y excéntrica) en los 3 tests: SJ, CMJ y DJ (según Bosco, 1985).

Se comprueba una sollicitación nerviosa mucho más importante en DJ con un pico máximo en la fase excéntrica. La pliometría constituye entonces un medio interesante para enseñar al atleta a movilizar sus músculos de forma intensa.

Influencia del entrenamiento

Hakkinen y cols. (1985) estudian los efectos de un entrenamiento explosivo. El periodo de entrenamiento dura 24 semanas a razón de 3 entrenamientos por semana. Las sesiones se componen de saltos (100 a 200 por entrenamiento) con y sin sobrecargas. Durante las 12 semanas siguientes el entrenamiento se interrumpió. Los resultados muestran:

- Una mejora de las curvas fuerza-velocidad lo mismo a nivel de SJ que de CMJ.
- Una mejora del 21% en el salto SJ.
- Una mejora del 6,8% de la fuerza máxima.
- El incremento de la fuerza explosiva se acompaña de un aumento de la sollicitación nerviosa marcada por un incremento del IEMG de los 2 vastos del cuádriceps.
- La pérdida de fuerza explosiva a continuación del abandono del entrenamiento se acompaña de un descenso de la actividad eléctrica (figs. 207 y 208a).

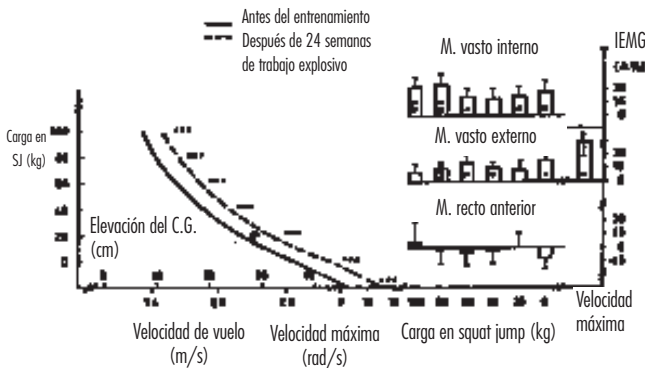


Figura 207. Curvas fuerza-velocidad realizadas antes y después de 24 semanas de entrenamiento de fuerza explosiva en situación de SJ. Variación relativa del IEMG de los músculos del cuádriceps. * = $p < 0,05$; ** = $p > 0,01$; *** $p < 0,001$ (según Hakkinen y cols., 1985).

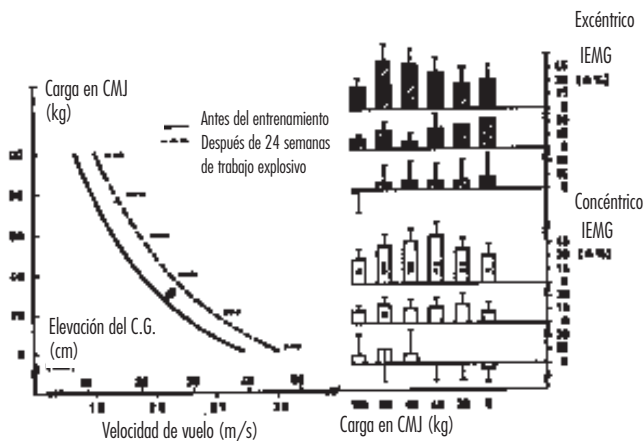


Figura 208a. Curvas fuerza-velocidad realizadas antes y después de 24 semanas de entrenamiento de fuerza explosiva en situación de SJ. Variación relativa del IEMG de los músculos del cuádriceps. * = $p < 0,05$; ** = $p > 0,01$; *** $p < 0,001$ (según Hakkinen y cols., 1985).

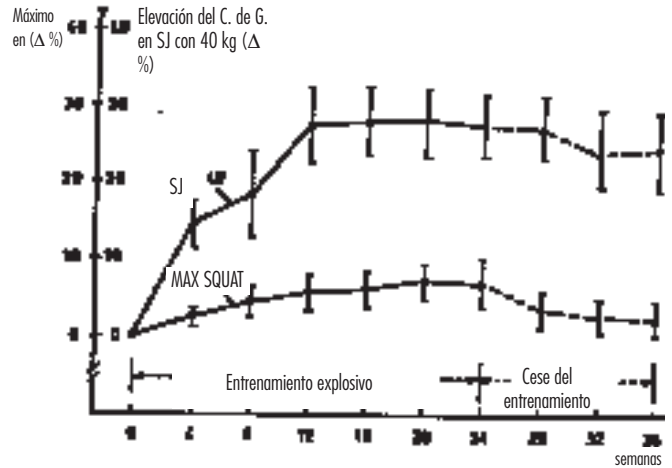


Figura 208b. Modificación de la capacidad en SJ y de la fuerza máxima en el curso de 24 semanas de entrenamiento y 12 semanas de descanso (según Hakkinen y cols., 1985).

El entrenamiento de pliometría provoca entonces esencialmente una mejora a nivel de los factores nerviosos. La reacción mejorada netamente mientras que la fuerza máxima se modifica bastante poco (fig. 208b).

LA RECUPERACIÓN

Las sesiones de pliometría con salto hacia abajo son muy intensas, el atleta se ve sollicitado al máximo de sus posibilidades según lo visto antes (desarrolla del 150 al 200% de su fuerza máxima voluntaria). Vercoshanski (1982) habla del método "impacto" para calificar los ejercicios de saltos hacia abajo con plintons. Considera que son necesarios al menos 10 días para recuperarse de tal sesión. Podemos entonces evaluar en 10 días a 3 semanas el periodo que debe separar la última sesión de pliometría y un objetivo competitivo eventual.

RESUMEN SOBRE EL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

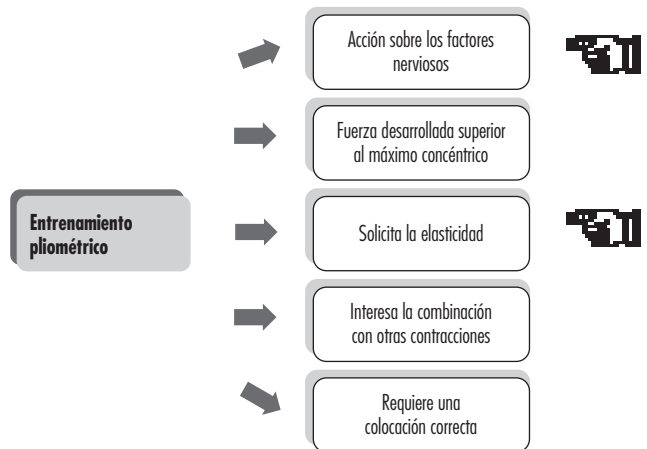


Figura 209. Resumen sobre el entrenamiento pliométrico.





Al entrenamiento pliométrico, que hace intervenir el fenómeno del estiramiento muscular, podemos, pues, atribuirle todos los intereses considerados en el capítulo sobre el estiramiento mus-

cular. La figura 209 indica los puntos importantes que conciernen a la utilización de la pliometría.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO



- ASMUNSSSEN, E. and BONDE-PETERSEN, F. (1974): Storage of elastic energy in skeletal muscles in man, *Acta Physio. Scand.*, 91, 385-392.
-  BOSCO, C. (1985): L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. *En Athleticastudi* jan-fev. 7-117. Traduction Inseps n° 644.
- BOSCO, C.; TARKKA, I. and KOMI, P. (1982): The effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps surae during stretch-shortening cycle exercise, *Int. J. Sport Med.*, 3, 137-140.
- BUSSEL, B.; KATZ, R.; PIERROT-DESEILLIGNY, E.; BERGEGO, C. and HAYAT, A. (1980): Vestibular and proprioceptive influence on the postural reactions to a sudden body displacement in man, J.E. Desmedt (ed.) *Progress in clinical Neurophysiology*, 8, 310-322, Karger, Bâle.
- CAVAGNA, G.A.; DUSMAN, B. and MARGARIA, R. (1968): Positive work done by a previously stretched muscle, *Journal of Applied Physiology*, 24, 21-32.
-  COMETTI, G. (1988): La pliométrie, compte-rendu du colloque de février 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, ed: université de Bourgogne.
- DIETZ, V.; NOTH, J. and SCHMIDTBLEICHER, D. (1981): Interaction between pre-activity and stretch reflex in human triceps brachii during landing from forward falls, *Journal of Physiology (London)*, 311, 113-125.
- DIETZ, V.; SCHMIDTBLEICHER, D.; and NOTH, J. (1979): Neuronal mechanism of human locomotion, *J. Neurophysiology*, 42, 1.212-1.222.
-  GOUBEL, F. (1987): Muscle Mechanics, *Medicine Sport Sciences*, 26, 24-35.
- GOUBEL, F. and VAN HOECKEN, J. (1982): Biomécanique du geste sportif, *Cinesiologie XXI*, 41-51.
- HAKKINEN, K. and KOMI, P. (1985): Effect of explosive strength training on electromyographic and force production characteristics of legs extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises, *Scand. Jour. Sports Sci.*, 7 (2), 65-76.
- HILL, A.V. (1950): The series elastic component of muscle, *Proc. Roy. soc. B.*, 137, 273-280.
- HUXLEY, A.F. (1974): Muscular contraction, *Journal of Physiology (London)*, 243, 1-43.
- HUXLEY, A.F. and SIMMONS, R.M. (1971): Proposed mechanism of force generation in striated muscle, *Nature*, (London), 233, 533-538.
- JEWELL, B.R. and WILKIE, D.R. (1958): An analysis of the mechanical components in frog's striated muscle, *Journal of Physiology (London)*, 143- 515-540.
- POUSSON, M. (1984): Contribution à l'étude de l'incidence de la musculation excentrique sur l'emmagasinement d'énergie élastique dans le muscle. *Insep*, Paris.
- THYS, H. (1973): Elasticité et contraction musculaire, *Thèse de doctorat, Université de Liège*.
-  THYS, H. (1975): Effect de l'amplitude du mouvement sur le rôle joué par l'élasticité musculaire dans l'exercice, *Revue Education Physique*, XV, 3.
- THYS, H. (1983): Elasticité et rendement musculaire, *Communication au colloque de l'ACAPS*, novembre 1983.
- THYS, H.; FARRAGIANA, T. and MARGARIA, R. (1972): Utilization of muscle elasticity in exercise, *Journal of Applied Physiology*, 32, 491-494.
- ZANON, S. (1974): Plyometrie für die Sprünge, *Leichtathletik*, 16, 549-552.

LA ELECTROESTIMULACIÓN

PREÁMBULO

Antes de introducirnos en la utilización de la electroestimulación es esencial plantearse ciertas cuestiones, siendo la más importante la relación que mantiene la electroestimulación con el doping.

¿Electroestimulación y doping?

Antes de introducirnos en este ámbito hemos querido responder claramente a esta cuestión. Nuestra opinión es evidentemente

que la electroestimulación nada tiene que ver con el doping. Tenemos para ello toda una serie de argumentos que vamos a desarrollar.

A petición de la Federación Francesa de Atletismo, se envió una carta al príncipe de Mérode (responsable de la comisión antidoping del COI); la respuesta fue clara, la electroestimulación no aparece en la lista de medios dopantes.

Esta respuesta evidentemente no es suficiente, puesto que las decisiones de esta comisión pueden evolucionar; nos falta el dictamen de personalidades del mundo deportivo, tanto fisiólogos como médicos de renombre. Desde esta óptica hemos trabajado

con personalidades tan eminentes como el profesor Lacour de St-Etienne, jefe médico del CERMA J. Guezennec y J. Duchateau en Bélgica. Es su opinión lo que nos ha determinado: estas personalidades saben cómo hacer cambiar de opinión. Consideran que si se prohíbe la electroestimulación es necesario prohibir el entrenamiento.

Se habla de peligros respecto a la electroestimulación: el primero sería el riesgo para los tendones. Se piensa a menudo que para que sea eficaz la electroestimulación es necesario desarrollar tensiones superiores a la fuerza máxima voluntaria; éste no es el caso de nuestros estudios, pues según nuestros conocimientos ningún estudio serio se llevó a cabo con tal objetivo. Por otro lado, se llega a ser eficaz con tensiones del orden del 60 al 80% de la fuerza máxima voluntaria, así que ¿por qué correr el riesgo de ir más allá?. Se considera que con estas tensiones (60 al 80%) el tendón sufre menos riesgo que con las contracciones voluntarias; en efecto, se puede reglar la ascensión de la fuerza de manera muy fina, son necesarios 6 segundos para obtener la fuerza máxima de electroestimulación.

Por otra parte, y como complemento, es necesario considerar el tiempo ocupado por la electroestimulación en el entrenamiento de un atleta: somos eficaces con 3 sesiones de 10 min semanales, lo que representa muy poco tiempo en relación con el resto del entrenamiento.

Se habla de entrenamiento pasivo en relación con un entrenamiento activo con cargas: esto es no conocer el trabajo en electroestimulación, que supone una participación activa del sujeto. El sujeto "soporta" la estimulación y para progresar está obligado a imponerse tensiones tan difíciles de aguantar como las tensiones voluntarias. Cabric en Alemania y Mathieu en Francia han demostrado incluso que la extremidad no estimulada progresa igualmente. ¿Por qué medio sino por una participación activa del sujeto?

La electroestimulación no es una técnica nueva, también hemos buscado las competencias en quienes la practican sin riesgo desde hace años: es de este modo como hemos explorado el mundo de la rehabilitación. M. Joly del CRF Le Muesberg es uno de los mejor situados y de los más competentes en Francia. Tenemos en común con él un paso prudente que consiste en no estimular a diestro y siniestro cualquier músculo. La curva de excitabilidad constituye según esta consideración una aproximación interesante para decidir o no un trabajo de estimulación.

Las personas mal informadas hablan de posibles alteraciones circulatorias a causa de la electroestimulación: hemos estudiado la literatura. Hemos encontrado las fuentes de estos malentendidos: un primer estudio aparece en Francia, es el del doctor Viani, que trabajaba con un atleta que tenía ya trastornos circulatorios y quien se le han agravado. Su conclusión no es por otra parte completamente negativa, pero con un solo sujeto ¿se puede hablar de un artículo científico? La segunda referencia es americana y muestra una disminución del flujo sanguíneo después de un trabajo de electroestimulación. Este estudio olvida una cosa: compara un trabajo muscular normal (concéntrico) con un trabajo muscular en electroestimulación que se realiza en isometría. Pero la isometría es conocida por disminuir la vascularización. En este caso es en-

tonces la isometría la causa, no la electroestimulación. Conservamos siempre presente el espíritu del pasado de la electroestimulación en el curso de una semana (3 x 10 m). Se emplea a menudo la palabra "artificial" para calificar el trabajo de electroestimulación. Éste no sería un medio natural. Si nos referimos al entrenamiento moderno, se comprueba que el sujeto trabaja con cargas del 120 al 150%. ¿Es realmente natural? La pliometría hecha con alturas de salto superiores a 2 m ¿es natural? Verdaderamente es más peligrosa. La noción "natural" no tiene sentido en el entrenamiento de alto nivel. Por otro lado, hoy se busca copiar los impulsos nerviosos naturales que circulan en los músculos.

La cuestión de fondo es la siguiente: ¿es peligrosa la electroestimulación para el atleta? La respuesta entre los científicos mencionados es unánime: NO. El único riesgo en el que se incurre es la fatiga muscular, de la misma forma que las técnicas "clásicas". No olvidemos que se rehabilita con electroestimulación. Frenar 150%, caer desde 3 m de altura, o estimularse dosificando la fuerza con la ayuda de un potenciómetro, ¿dónde está el peligro real? Ciertamente no del lado de la estimulación eléctrica.

Algunos dudan de la eficacia de esta técnica. Como en todos los métodos, unos atletas reaccionan mejor que otros, pero todos progresan. Si algunos no obtienen resultados a menudo es por ignorancia de los principios fundamentales del entrenamiento de musculación: trabajar tensiones próximas al máximo, tiempo de contracción superior a 3 segundos, etc. Esto es exactamente lo mismo que una mala selección de las corrientes y sobre todo con una posición y una elección inadecuadas de los electrodos. La elección de los sujetos es igualmente importante: si los sujetos son sedentarios entonces será mayor el tiempo que se tardará en sacar provecho de la electroestimulación. Nosotros estamos interesados sobre todo en sujetos que practican la musculación, fuertes y con cualidades físicas testificadas por sus resultados deportivos.

Es entonces con este espíritu y con una inquietud de precisión y prudencia como hemos abordado este problema. Para tomar conciencia de la complejidad de la estimulación muscular es necesario conocer las bases.

BASES ELEMENTALES DE LA ELECTROESTIMULACIÓN MUSCULAR

RESUMEN

Presentamos un recuerdo de las nociones esenciales de las bases físicas de las corrientes utilizadas actualmente en electroestimulación muscular.

Este recuerdo comprende las corrientes de Kotz y sus derivadas, así como las corrientes de impulsión alternas simétricas y asimétricas. Se aborda la gestión manual e informatizada de estas corrientes.

En el plano fisiológico se discute sobre las curvas de excitabilidad de sujetos deportistas del UFR STAPS de Dijon y las consecuencias en el plano de la estimulación muscular. Para el reclutamiento muscular, por una parte la certeza de que el estímulo úni-

co entraña una sacudida muscular y que la repetición de este estímulo provoca una fusión de sacudidas o tetanización, los demás elementos del reclutamiento muscular necesitan todavía trabajos complementarios para alcanzar la certeza.

En las bases prácticas se pasa revista a los electrodos y los tipos de interfase. Se aborda una noción importante: la densidad de corriente o intensidad por unidad de superficie de electrodo, lo cual parece condicionar la eficacia de la estimulación. Por ello se prefiere la técnica monopolar con una superficie unas 3 veces mayor para el electrodo indiferente que pasa el electrodo activo. Este montaje de electrodos ha permitido obtener una fuerza máxima bajo electroestimulación del 94% de la fuerza máxima voluntaria (Cometti).

En electroestimulación muscular, el dolor puede deberse a varios factores tales como la duración del impulso, la frecuencia de repetición de los impulsos y la intensidad de la estimulación con una respuesta muscular que puede llegar a una sensación de calambre doloroso si la estimulación es máxima.

Joly Bernard

Moniteur-Cadre en Masso-Kinésithérapie, Chef de service
au Centre de Rééducation Fonctionnelle "Le Muesberg"
AUBURE F-68150 RIBEAUVILLE

Enseignant à l'Ecole des Cadres de Kinésithérapie (Bois-Larris)
Président du GRoupe d'Etudes de l'Electrologie
appliquée à la Kinésithérapie.

Bases físicas

Actualmente, la electroestimulación muscular hace mención a dos tipos de corrientes:

- La corriente alterna sinusoidal.
- La corriente de impulsos alternos simétricos o asimétricos.

Hay que recordar y presentar algunas nociones esenciales.

CORRIENTE ALTERNA

Así llamada porque cambia constantemente de sentido. La corriente parte de 0, alcanza un cierto valor positivo maxi o I_{max} , disminuye para pasar por 0, deviene a negativa y alcanza el mismo valor maxi pero negativo.

CORRIENTE ALTERNA SINUSOIDAL

Es una corriente alterna cuya intensidad varía sinusoidalmente con el tiempo.

CORRIENTE ALTERNA SIMÉTRICA

Es una corriente periódica donde el valor medio es nulo, pero el semi-período positivo y el semi-período negativo son idénticos: son las dos alternancias de la corriente. La corriente cuadrada es igualmente alterna simétrica.

PERÍODO

El período de una corriente periódica es la duración constante que separa dos instantes consecutivos donde la corriente se reproduce idénticamente a sí misma.

El período es una duración (intervalo de tiempo), se expresa en segundos, su símbolo es T.

En Europa, el período de corriente sinusoidal es: $T=1/50$ o sea 20 mseg.

FRECUENCIA

La frecuencia (f) de una corriente periódica es el número de períodos por segundo. Para encontrar este número, es necesario dividir un segundo por la duración de un período: $f = 1/T$ donde T en segundos y f en hertzios.

La unidad de frecuencia es el hertzio (Hz): es la frecuencia de una corriente donde el período es un segundo.

Todas estas corrientes se llaman también **bidireccionales** o **bifásicas**. No circulan siempre en el mismo sentido, su intensidad es unas veces positiva y otras negativa. En principio estas corrientes se expresan a término medio nulo, pues las intensidades positiva y negativa son iguales. Además de una mayor comodidad de utilización, la ventaja principal de estas corrientes reside en la ausencia de riesgos de quemaduras cutáneas.

CORRIENTE ALTERNA SINUSOIDAL

Se distinguen dos formas de realizar corrientes alternas sinusoidales:

- Clásicamente mediante un oscilador que permite obtener oscilaciones cuya frecuencia se extiende entre 1 Hz y 20.000.000 Hz.
- Actualmente por medio de un microprocesador.

Para que esta corriente alterna sinusoidal sea utilizable en estimulación es necesario poder hacerla variar según al menos 3 parámetros:

- Amplitud o modulación de amplitud.
- Frecuencia o modulación de frecuencia.
- Duración de paso.

Modulación de amplitud

Haciendo variar la tensión de 0 a 50, 100, 200 voltios o más se forma una corriente alterna sinusoidal modulada en amplitud. Esta modulación de amplitud puede ser única (instalación de la corriente por ejemplo), ritmada de forma regular o irregular, etc.

Cuando la modulación de amplitud se efectúa según una forma geométrica se habla de una curva de apariencia rectangular, progresiva o exponencial.

Pero estas curvas envolventes son virtuales en el sentido de que en el osciloscopio se las puede hacer aparecer y desaparecer actuando sobre la base temporal. Por consiguiente, en todos los ca-

Los se trata de una corriente alterna sinusoidal de frecuencia que se repite idénticamente a sí misma, sólo su amplitud varía.

Modulación de frecuencia

Con ciertos aparatos, se puede elegir una frecuencia de base que se sitúa en los límites de *frecuencia media* (FM), siendo según los autores de 2.500 a 10.000 o incluso 25.000 Hz.

A partir de esta frecuencia de base que se repetirá de forma permanente se va a acotar esta FM.

Y es el número de curvas envolventes por segundo que corresponde al corte el que va a definir la modulación FB de la FM.

Así unas curvas envolventes que dura cada una algunos mseg pero que se repiten varias veces en 1 segundo darán una frecuencia de 25 o 50 o incluso 80 Hz, etc.

Corrientes de Kotz

El ingenio de Kotz es haber justamente acotado en cortes de corriente alterna sinusoidal de 2.500 Hz con una repetición de la frecuencia de estos cortes de 50 veces por segundo, siendo según una modulación de frecuencia de 50 Hz. Hemos visto hace un instante que el período de una corriente es igual a $T/50$ o $1/50$ sea 20 mseg lo que corresponde a la duración de T. Entonces para hablar de señales cuadradas u ortogonales como hace Portmann es necesario que $t_1 = t_2$, por lo que la duración de paso de la FM es 10 mseg seguida de 10 mseg de silencio según unas curvas envolventes rectangulares o cuadradas, pero estas curvas no son cuadradas más que para una cierta amplitud, más allá de la cual se tornan rectangulares.

Cabe la observación de que Portmann (Canadá) comenzó por la utilización de las corrientes de Kotz y evolucionó hacia las corrientes polacas.

Corrientes polacas

Son 2.500 Hz modulados a 80 Hz de forma que $T = 1/80$ sea 12,5 mseg y por consiguiente el paso de la FM es 6,25 mseg seguido de un intervalo de 6,25 mseg.

Duración de paso de la corriente

Aunque sea modulada en frecuencia o en amplitud, la corriente debe ser interrumpida para permitir realizar series de estimulación. Para las corrientes de Kotz estos parámetros se definen de la forma siguiente: 10 segundos de paso de corriente seguidos de 50 segundos de silencio o reposo. En algunos aparatos, es posible para otras formas de aplicación, modificar el tiempo de trabajo y el tiempo de reposo.

CORRIENTE DE IMPULSOS ALTERNOS SIMÉTRICOS

Constituye el otro tipo de corriente utilizada en la estimulación muscular. No podemos revisar todas las formas posibles. Este tipo de corriente se caracteriza por los siguientes elementos:

- **Está constituida por una serie de impulsos:**
IMPULSO o pulso: variación de corta duración de una magnitud física (tensión, corriente) con retorno al estado inicial. Se distinguen de las otras señales por su corta duración.
DURACIÓN de un impulso o duración de un pulso: intervalo de tiempo que separa el principio y el fin de un impulso.
- **Se define por la forma del impulso:** (rectangular, triangular, exponencial, otra).
- **Puede ser modulada:**
 - *En amplitud* (frecuencia de repetición de los impulsos). En una serie regular de impulsos es el número de impulsos por segundo.
 - *En duración*, como en las corrientes precedentes, se puede determinar la duración de paso de la corriente y la duración del reposo.

Existen estimuladores que presentan unas corrientes de impulsos alternos simétricos en el sentido de que el impulso positivo tiene una forma diferente del impulso negativo. Se llama también impulso compensado.

Corrientes de impulsos de gestión manual

El aparato o generador posee un cierto número de reglajes manuales posibles que permiten modificar:

- Duración del impulso.
- Frecuencia de repetición de los impulsos.
- Duración de paso de la corriente.
- Tiempo de ascenso de los impulsos (modulación de la amplitud) (Rise time).
- Tiempo de descenso de los impulsos (fall time).
- La wobulation (modulación de frecuencia).

Es evidente que el aparato que tiene todas estas posibilidades es ideal para aquel que domina bien los parámetros físicos. Por el contrario, es difícil de utilizar por el no-iniciado. Algunos aparatos ofrecen sólo una parte de estos reglajes.

Corrientes de impulsos de gestión informatizada

Desde hace algunos años están disponibles en el mercado aparatos que administran los impulsos por medio de microprocesadores. Los más comunes, bien sea bajo forma de EPROM bien sea bajo forma de soporte magnético, contienen las instrucciones necesarias para provocar una estimulación muscular. ¡El usuario no tiene más que elegir un programa, colocar los electrodos y girar el potenciómetro para adaptar la intensidad!

Bases fisiológicas

Todas las células vivas son irritables, sólo las células nerviosas, los receptores sensoriales y las fibras musculares son excitables.

CURVAS DE EXCITABILIDAD

Definición

La excitabilidad corresponde a un estado de la fibra que permite o no, bajo una estimulación, la aparición de potenciales de acción.

Para alcanzar el umbral de excitación de una fibra nerviosa y/o muscular la corriente debe tener una cierta intensidad o intensidad preliminar cuyo valor depende de la duración de paso de la corriente y de su velocidad de instalación.

El umbral es el único índice de la facilidad con la cual una fibra puede ser excitada. Se considera que *la excitabilidad varía en sentido inverso al umbral: aquella disminuye cuando éste se eleva.*

El umbral no puede determinarse en valor absoluto, sólo podemos medir umbrales relativos.

Medidas

Con un aparato de electro-diagnóstico, el Physiostim T/T (*), hemos realizado curvas de intensidad-tiempo tomando duraciones de impulsos desde 10 μ seg hasta 100 (de 10 en 10), después 200, 400, 600 μ seg, y por último 1 y 10 mseg.

Las curvas se realizaron en el cuádriceps femoral de deportistas del UFR STAPS de Dijon (Cometti).

Fuera de las curvas medias del VI y el VE, hemos tomado cinco valores para visualizar mejor las salidas. Estos valores corresponden a las duraciones de impulsos siguientes: 50 μ seg 100 μ seg, 200 μ seg, 400 μ seg y 10 mseg. Esto da en paralelo las frecuencias siguientes: 10.000 Hz, 5.000 Hz, 2.500 Hz (o corrientes de Kotz), 1.250 Hz y 100 Hz, bien entendido cuando la duración está determinada por la frecuencia de la corriente, ¡que es el caso de la corriente alterna sinusoidal!

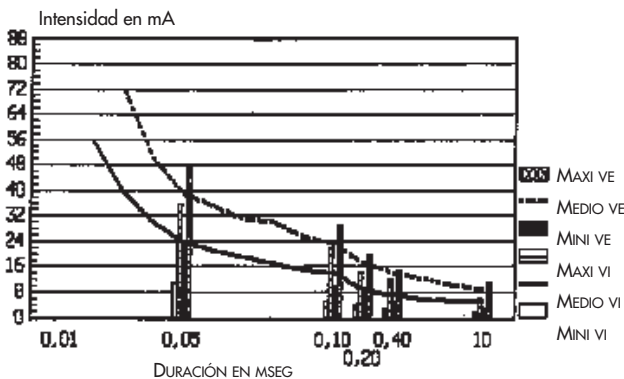


Figura 210. Referencias excitabilidad del VI y del VE. Sportifs (7) Dijon.

Se pueden hacer las observaciones siguientes:

- La media VI se confunde casi con el umbral mini VE.
- La media VE se superpone con el umbral maxi VI.
- Para 10 mseg, 400 μ seg y 200 μ seg se observa que mini VI, media VI, y mini VE presentan intensidades iguales o inferiores a 8 mA. Pero para maxi VI, media VE y maxi VE las intensidades son casi el doble.

- A 100 μ seg, las salidas en intensidad son 24 mA.
- A 50 μ seg, las salidas en intensidad son 37 mA.

En realidad según los sujetos las salidas pueden ser entre VI y VE o entre dos VI o dos VE, ¡o incluso se disocia un solo vasto!

Consecuencias, discusión

La diferencia de excitabilidad del vasto externo y el vastos interno del cuádriceps femoral se traduce en la necesidad de utilizar dos canales o dos generadores para adaptar la intensidad en relación con el umbral y que la estimulación sea eficaz. Si el vasto externo (VE) presenta un umbral de excitabilidad más elevado que el vasto interno (VI), la intensidad debe ser repartida de forma equilibrada a fin de que la intensidad necesaria para el VE no sea demasiado grande para el VI (riesgo de calambre doloroso). En efecto, siendo el umbral más bajo para el VI, éste reaccionará antes; sin embargo, con un solo generador que no sobrepase su umbral, entonces el VE no trabajará a buen nivel, de donde se realizará un trabajo desequilibrado con un reforzamiento del VI más importante que del VE.

Esto puede traducirse por un incremento poco significativo de la fuerza muscular, pues el papel del VI es sobre todo estabilizar la rótula, pero es incapaz, como lo muestra Lieb de realizar la extensión de la pierna sobre el muslo. Así pues, el VE es necesario para levantarse a partir de la posición agachada.

El otro interés de estas curvas de excitabilidad es poner en evidencia las diferencias de umbral entre los deportistas y así comprender mejor que en la estimulación es necesario utilizar intensidades de corrientes más o menos importantes. Esto se describe en la literatura.

Las curvas de excitabilidad son, de hecho, el reflejo al menos de 3 parámetros.

1. *Excitabilidad del nervio* (puesto que para diversos autores el nervio es más excitable que el músculo) y/o de la placa motora.
2. *La conductividad* (electrodos-piel-tejidos profundos), es decir, influencia de la impedancia de este circuito en la calidad de la señal. Este fenómeno es para nosotros objeto de preocupación, puesto que podría explicar en parte ciertas diferencias de excitabilidad, por una parte, entre sujetos y, por otra, entre los dos vastos en un mismo sujeto.
3. *La excitabilidad del músculo* para la noción del potencial de acción muscular, pero sobre todo la capacidad del músculo para contraerse (mecánica y bioquímica, para diferenciar del aspecto eléctrico puro que es transmisión de la despolarización) y la noción de fatiga. Efectivamente el nervio puede conducir el influjo pero éste no podrá provocar contracción muscular después de la fatiga del músculo.

A propósito de la fatiga muscular, nos ha parecido interesante mostrar las curvas de un deportista antes y después de una prueba de cros. Cabe resaltar que 11 días después, ¡las curvas aún no habían retornado a sus valores iniciales!

INTENSIDAD EN mA.

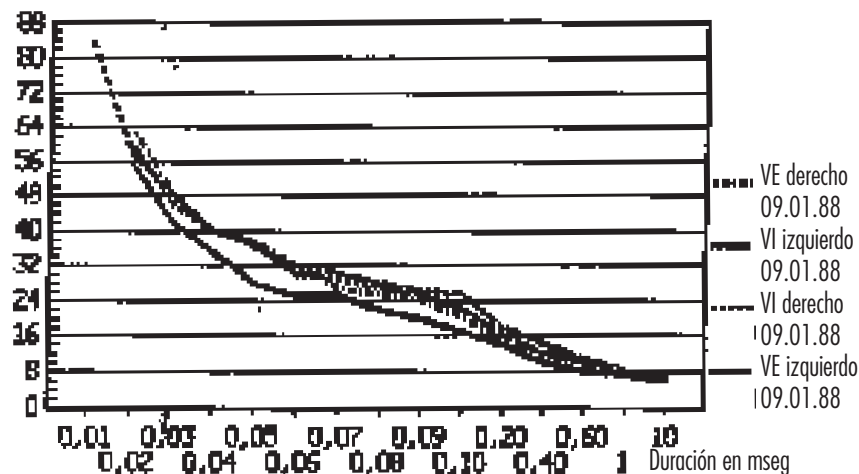


Figura 211. Curvas de excitabilidad antes de la prueba de cross.

INTENSIDAD EN mA.

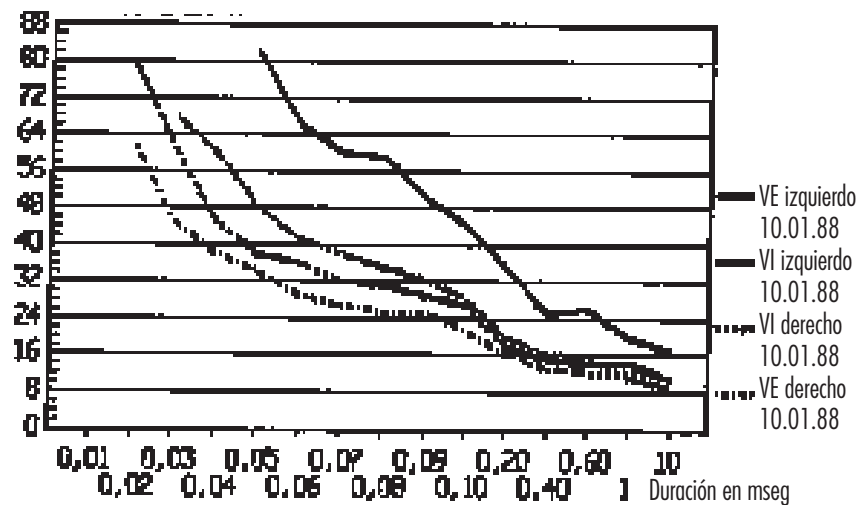


Figura 212. Curvas de excitabilidad después de la prueba de cross.

RECLUTAMIENTO MUSCULAR POR ELECTROESTIMULACIÓN

Un estímulo único proporciona una respuesta elemental: la sacudida muscular. Una sucesión de impulsos suficientes, próximos, entraña una respuesta más completa: el tétanos. Éste resulta entonces de la fusión de un cierto número de sacudidas musculares. Se habla de tétanos sincrono cuando se trata de una estimulación eléctrica, para diferenciarlo del tétanos asíncrono, que es el conseguido por una actividad muscular normal.

Sin embargo, actualmente, algunos autores consideran que en una contracción voluntaria o en el momento de un ejercicio intenso puede haber una sincronización de las UM.

De hecho, si cada impulso o cada alternancia es teóricamente capaz de provocar una sacudida muscular, la fusión de estas sacudidas está directamente ligada a:

- La frecuencia máxima eficaz de los influjos axonales, que será 2.500 Hz (Guyton).

- La latencia a nivel de la placa motora, que es unos 0,8 mseg.
- La frecuencia máx de la despolarización de la fibra muscular, que es inferior al axón.
- La duración de la sacudida muscular, la cual varía según el tipo de fibra y según los autores.

Lo que es necesario recordar es que si los impulsos o las alterancias se suceden a una frecuencia demasiado elevada y no tienen en cuenta los períodos refractarios absolutos, un cierto número de estos impulsos no servirán sino para incrementar el estado de fatiga, pues ni el axón ni la fibra muscular han tenido tiempo de recuperarse antes de la llegada de la excitación siguiente.

El ingenio físico de las corrientes de Kotz es justamente introducir un silencio todos los 10 mseg para evitar que la estimulación llegue a ser ineficaz debido a la fatiga muscular.

La calidad de la respuesta muscular a la estimulación eléctrica depende del número de unidades motoras reclutadas (por consiguiente de su excitabilidad), pero también y sobre todo de la calidad de sus UM de tipo I.

Diversos autores afirman que la estimulación eléctrica permite un reclutamiento máximo de las UM y que este reclutamiento estará ligado a la intensidad utilizada. Parece difícil ser tan taxativo, pues es necesario en primer lugar explicar cómo se pueden reclutar UM que tienen umbrales de excitabilidad diferentes utilizando los mismos parámetros de estimulación.

La hipótesis según la cual en función de ciertos parámetros físicos será posible reclutar tal o cual tipo de fibra necesita trabajos complementarios y la verificación de algunas afirmaciones.

Bases prácticas

ELECTRODOS

Material

Durante mucho tiempo, los electrodos utilizados eran de plomo. Después eran más o menos gruesos. El aluminio y el inox han sido igualmente propuestos. Estos materiales se utiliza todavía en medicina.

Pero para las corrientes excito-motoras, desde hace una quincena de años existe un nuevo material caucho o elastómero que es conductor de la corriente mediante la adición de grafito u otros productos. El espesor de estos electrodos elastómeros ha disminuido progresivamente llegando a ser muy finos, del orden de 1 a 2 mm, lo que permite a estos electrodos amoldarse perfectamente sobre el músculo en reposo.

Contacto

Para los electrodos de plomo, estaño, aluminio e inox es necesario el empleo de una esponja con agua para facilitar la conducción entre el electrodo y la piel. Se requiere la utilización de cin-

chas de las mismas dimensiones que el electrodo para mantener el conjunto (electrodos + esponjas) colocado sobre la piel.

Con los electrodos de elastómero, de poco espesor, se emplea un gel conductor. Es importante la elección de un gel lo más adherente posible para evitar que el electrodo se desprege en el momento de la variación de la forma del músculo en contracción. Si este gel no es lo bastante adherente será necesario utilizar papel con un adhesivo o cinchas para mantener la situación de los electrodos. El ensamblaje electrodos de elastómero + gel es la mejor técnica hoy en día, pero es necesario encontrar un medio más adecuado.

Densidad de la corriente

Es la intensidad por unidad de superficie. Esto es lo más importante para producir una excitación eficaz. Los métodos de estimulación deben tener en cuenta esta noción capital.

Si la corriente atraviesa una superficie de membrana muy pequeña, el efecto local de la variación de potencial será mucho mayor que si esa misma corriente atraviesa una superficie grande. La unidad de intensidad es de 0,1 mA. La unidad de densidad es 0,1 mA/cm².

Superficie de los electrodos

Se distinguen según la superficie de los electrodos dos métodos de estimulación: bipolar y monopolar.

A) BIPOLAR

Este método se realiza con dos electrodos de la misma superficie. No es el mejor método, puesto que la densidad de la corriente es la misma con los dos electrodos.

B) MONOPOLAR

Se utilizan dos electrodos de superficie diferente. Con el de menor superficie, denominado electrodo Activo, la corriente es de alta densidad. Con el electrodo de gran superficie, denominado electrodo Indiferente, la corriente es de baja densidad.

Actualmente, como consecuencia de ensayos clínicos, se considera que la mejor relación es de 1 a 3. El electrodo Indiferente tendrá una superficie 3 veces mayor que el electrodo Activo.

Por otra parte, gracias a esta relación de superficie y teniendo en cuenta la diferente excitabilidad de los vastos del cuádriceps femoral, Cometti pudo obtener en deportistas, y utilizando las corrientes de Kotz, los mejores resultados en la fuerza máxima con electroestimulación descritos en la literatura.

TIPO DE ESTIMULACIÓN

Se puede provocar la contracción muscular induciendo el estímulo eléctrico:

- Bien sea sobre el nervio motor.
- Bien sea sobre el punto motor (placa motora).

En los dos casos el estímulo eléctrico excita *indirectamente* el músculo. No parece que en condiciones normales la estimulación

pueda ser directa. Se considera que la estimulación es directa, es decir, que concierne al músculo sólo cuando el nervio está seccionado (parálisis). Pero en este caso los parámetros físicos de estimulación que son utilizados son totalmente diferentes a los empleados para los músculos sanos.

ELECTROESTIMULACIÓN Y DOLOR

Se pueden distinguir varios tipos de dolor:

- **Dolor debido a la duración de los impulsos**

Parece que 400 μ seg constituyen el umbral tolerable. Con esta duración los sujetos describen una sensación de picor. Por otra parte, después de una estimulación de varios minutos, la piel se muestra roja bajo el electrodo.

Actualmente los aparatos liberan corrientes antálgicas utilizando impulsos iguales o inferiores a 200 μ seg.

- **Dolor debido a la frecuencia de repetición de los impulsos**

Incluso si la duración se sitúa por debajo de 400 μ seg es posible que la estimulación sea dolorosa por la repetición demasiado rápida de los impulsos (efecto probable de sumación); puede ser igualmente una repetición demasiado rápida para un músculo insuficientemente entrenado.

- **Dolor debido a la intensidad de la estimulación**

Se distinguen 3 umbrales:

1. *Umbral bajo-preliminar*, correspondiente a la sensación de paso de la corriente, sin contracción visible.

2. *Umbral preliminar*, la sensación de paso de la corriente es atenuada por la contracción muscular.

3. *Umbral sobre-preliminar*, el incremento de la intensidad entraña la actividad intensa de un cierto número de fibras musculares, lo que provoca un dolor muscular. Este tipo de calambre de arranque se siente tanto más precozmente cuanto más en posición acortada se encuentre el músculo (carrera interna). Se puede retardar la aparición de esta sensación trabajando en una carrera media asociándolo a una contracción voluntaria, utilizando una resistencia (calibrada de sujeción, elástico, cargas directas). Pero incluso habiendo reunido estos elementos se terminará a pesar de todo con dolor si se estimula al máximo, y la sensación que se siente es de tipo calambre, contractura. Esto será a menudo seguido por fatiga, que casi sistemáticamente aparece al día siguiente.

Es necesario evitar estimulaciones musculares con tensiones al vacío, es decir, sin resistencia, salvo si estas estimulaciones son de baja intensidad.

PRECAUCIONES ELEMENTALES

Es necesario respetar las instrucciones del modo de empleo de los aparatos. Algunos, tienen dispositivos de seguridad que a veces son obligatorios.

La posición de los electrodos, la dosificación de la intensidad, la búsqueda del umbral eficaz de estimulación, todo ello es obligado para evitar estimular a un sujeto fatigado o un músculo tenso, contracturado.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LAS BASES ELEMENTALES DE LA ELECTROESTIMULACIÓN



Aspects biologiques de la régénération du nerf périphérique. Volal, París, 1982.

ALON, G.: High voltage stimulation. Effects of electrode size on basic excitatory responses, *Physical Therapy*, 65, 890-895, 1985.

BURGEAT, M.; KAYSER, D.: Biophysique du neurone. Masson, París, 1982.

DORVAL, L.F.: Techniques des impulsions. McGraw, Montréal, 1983.

GOUGEROT, L.: Physique et Biophysique, PCEM 2. Masson, París 1973.

GUYTON, A.C.: Neuro-physiologie. Masson, París, 1984.

HORT, W.; FLOTHNER, R.: Les bases scientifiques de la musculation et de la traumatologie musculaire. Vigot, París, 1984.

KAYSER, C.: Physiologie, système nerveux, muscle. Flammarion, París, 1969.

JOLY, B.: Données récentes en matière d'excitation musculaire.

GERRF, F-74700 Sallanches, 1988.

LIEB, J.; PERRY, J.: Quadriceps function. J.B.J.S. 50A, 8, 1968.

MONOD, H.; FLANDROIS, R.: Physiologie du sport. Masson, París, 1985.

NADEAU, M.; PERONNET, F.: Physiologie appliquée de l'activité physique. Vigot, París, 1980.

SELKOWITZ, D.M.: Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. *Physical Therapy*, 65, 186-196, 1985.

STEFANOVSKA, A.; VODOVNIK, L.: Change in muscle force following electrical stimulation, *Scand. J. Rehab. Med.*, 17, 141-146, 1985.

WRIGHT, S.: Physiologie appliquée à la médecine. Flammarion, París, 1973.

LA ELECTROESTIMULACIÓN: HISTORIA

Antes de comenzar nuestros trabajos sobre el papel de la electroestimulación en el deportista hemos consultado la literatura.

Hemos revisado ciertos textos que nos parecen importantes.

- Los trabajos de Kotz en la URSS.
- El estudio de los italianos (Anzil, Modotto, Zanon).
- Las investigaciones de Portmann en Canadá.
- Los estudios de los polacos (Wit, Kopanski, Klepacki y Jaszczuk)
- Los estudios de Moreno-Aranda y Seireg.

Kotz (URSS)

Es hacia los años 1970 cuando en la URSS el profesor Kotz se interesa por primera vez por el desarrollo de la fuerza en los deportistas. Los resultados que menciona son bastante espectaculares.

Estas experiencias han recaído sobre el bíceps braquial y el tríceps sural. La población está constituida por luchadores de sambo. Los resultados han sido los siguientes:

- Para el bíceps braquial:
Después de 9 días de trabajo con electroestimulación (10 mn por sesión) la ganancia de fuerza se sitúa en el 27%; después de 19 sesiones la ganancia asciende al 38%.

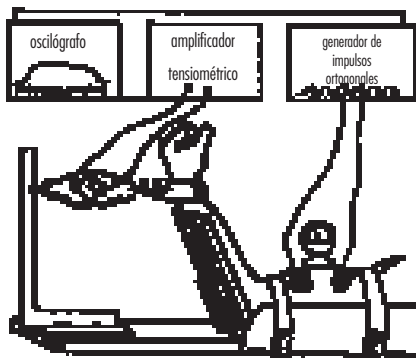


Figura 213. Dispositivo para medir la fuerza del bíceps.

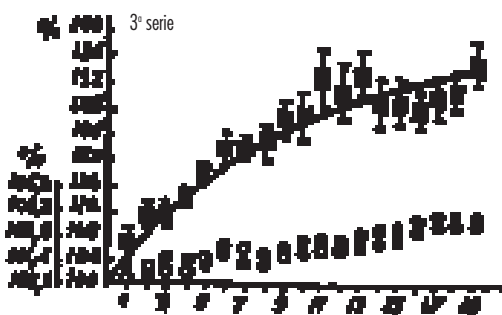


Figura 214. Curva de progresos en fuerza máxima voluntaria (cuadros negros), circunferencia de los brazos en relajación (círculos blancos) y en contracción (círculos negros).

- Para el tríceps sural:
La ganancia de fuerza en 19 días ha sido del 50%.
La ganancia de capacidad elástica (medida con el test de Abalakov) ha sido del 11%.

Como consecuencia de estos trabajos la musculación por electroestimulación se ha utilizado para los deportistas de alto nivel. Portmann cita los siguientes atletas que en la URSS utilizaron este método:

- Valéri Borzov campeón olímpico en 1972 de 100 m en atletismo.
- El halterófilo Alexiev.
- El saltador de altura Yatchenko.
- Los jugadores de hockey Kharlamov y Petrov.

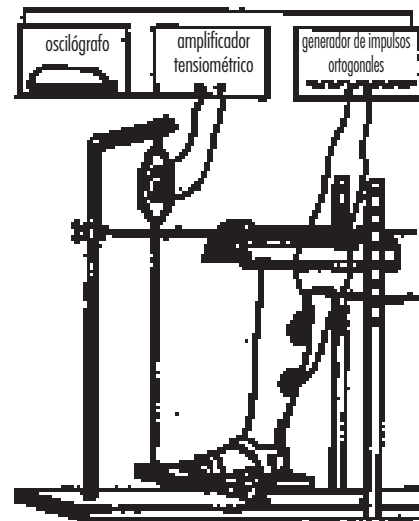


Figura 215. Dispositivo para medir la fuerza del tríceps.

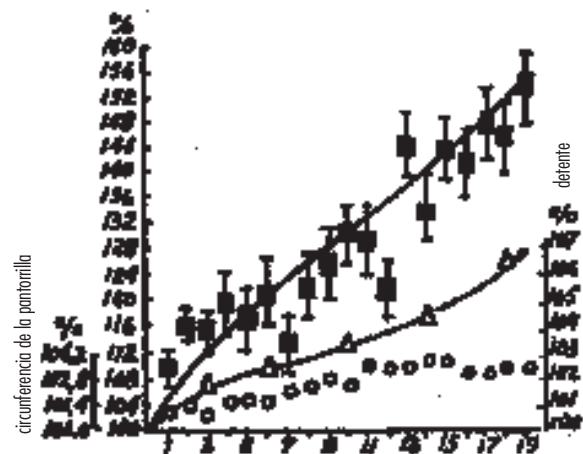


Figura 216. Progresos de la fuerza máxima voluntaria (cuadros) y de la capacidad elástica (triángulos). Los círculos representan la circunferencia de los músculos en relajación.

En 1973 estos autores han efectuado sobre 20 sujetos estudiantes no deportistas un estudio destinado a comparar un entrenamiento en isometría y un entrenamiento en isometría más electroestimulación. El entrenamiento para los dos grupos se realizó con el dispositivo descrito en la figura 217a. Las corrientes utilizadas han sido las de Kotz. Lo sujetos se entrenan todos los días salvo el domingo durante 8 semanas. La figura 217b muestra el progreso de los 2 grupos. El grupo con electroestimulación progresó de forma significativamente superior al grupo de control.

Los autores constatan que para alcanzar la misma fuerza, el uso de la electroestimulación reduce el tiempo necesario alrededor de un tercio.

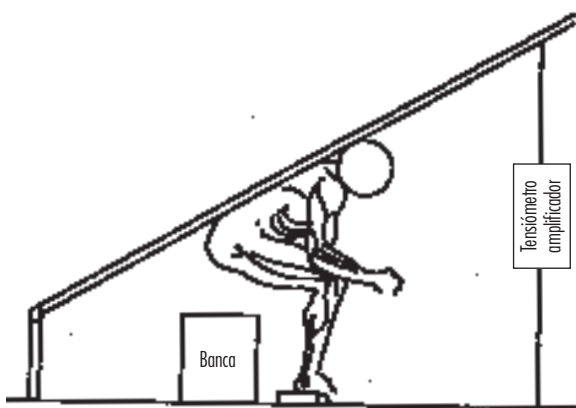


Figura 217a. Dispositivo de trabajo.

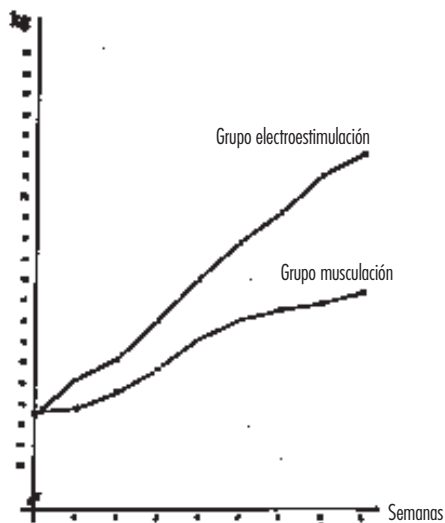


Figura 217 b. Evolución de los progresos de los 2 grupos (control y electroestimulación) (según Anzil y cols., 1976).

Portmann es el responsable de la investigación sobre electroestimulación en Canadá.

BASES GENERALES

Hoy en día en Canadá la electroestimulación es el método más utilizado para el entrenamiento de la fuerza.

Algunos atletas de elite canadienses de Quebec han utilizado con éxito la electroestimulación. Entre ellos destacan los saltadores de altura Ferragne (2,26 m) y Robert Forget (2,26 m) y el lanzador B. Dolagewietch (20,55 m en peso y 65,40 m en disco).

Portmann cita el ejemplo del saltador de altura Ferragne que ha seguido un entrenamiento por electroestimulación de 8 semanas en la universidad de Quebec en Montreal, en el tríceps crural de las dos piernas.

Los progresos de fuerza han sido los siguientes:

- Pierna de impulso: 28,8%
- Pierna libre: 34,2%

Es necesario dejar claro que este atleta tenía ya el hábito de práctica de la musculación tradicional.

En otro experimento un jugador de voleibol de nivel medio obtuvo en el mismo período una ganancia de impulsó vertical de 13 cm como consecuencia de la estimulación de las pantorrillas y los cuádriceps.

EXPERIMENTOS DE PORTMANN

• **Experimento sobre la posición angular**

En un experimento realizado con 10 sujetos estudiantes de educación física Portmann estudia la posición en la cual la ganancia de fuerza es más importante. Este estudio concierne al cuádriceps. La figura 218 resume estos trabajos y muestra que la posición ideal de flexión de rodilla es a 10° de la extensión completa.

• **Experimento sobre la estructura de las fibras y sobre la capacidad de detente**

8 sujetos han sido estudiados después de 24 sesiones de electroestimulación.

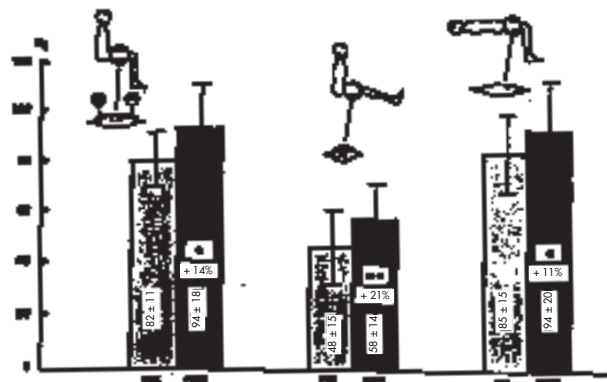


Figura 218. Ganancia de fuerza en función de la posición angular.

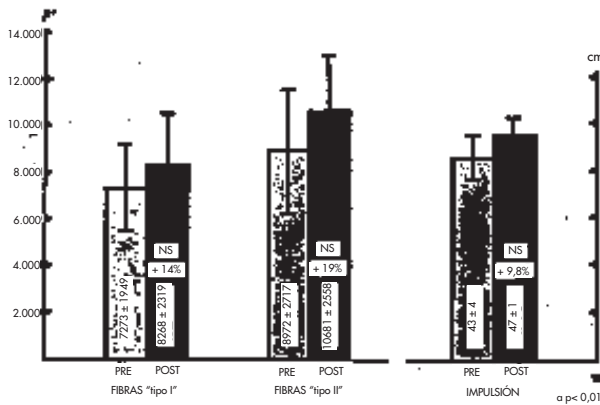


Figura 219. Efecto del entrenamiento por electroestimulación en las fibras musculares y en la altura de impulso.

Las investigaciones han incidido sobre la capacidad elástica y sobre la estructura de las fibras. Se han realizado biopsias antes y después del entrenamiento por electroestimulación para determinar la naturaleza de las fibras y su superficie respectiva. La corriente utilizada ha sido 2.500 Hz modulada por 80 Hz.

Los resultados se representan en la figura 219. Se comprueba que la superficie de las fibras tipo I y tipo II ha aumentado pero no de forma significativa. La capacidad elástica por el contrario progresó un 9,8%, lo cual es significativo.

Es necesario remarcar que en las otras experiencias Portmann demostró que la electroestimulación puede incrementar la superficie de las fibras rápidas y disminuir la de las fibras lentas.

- **Conclusión** sobre los trabajos de Portmann: Las corrientes utilizadas por los canadienses han evolucionado de las corrientes de Kotz (2.500 Hz modulados por 50 Hz) hacia 2.500 Hz modulados por 80 Hz. El argumento se asienta en la mejor estimulación de las fibras rápidas.

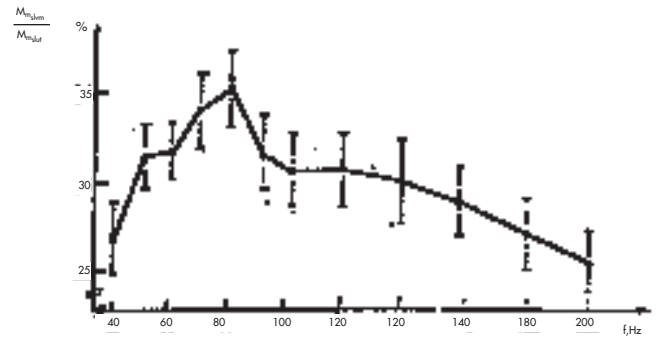


Figura 220. Relación entre la fuerza obtenida y la frecuencia de modulación.

Wit, R.; Kopanski, S.; Klepacki y Jaszczuk (Polonia)

Sus investigaciones conciernen a la mejor modulación permitiendo la mayor obtención de fuerza. La figura 220 muestra los resultados obtenidos: en las abscisas figuran las diferentes frecuencias de modulación, en las ordenadas la fuerza obtenida expresada en % de la fuerza máxima voluntaria. Se comprueba claramente que la fuerza máxima se obtiene con una modulación de 80 Hz, lo cual confirma las modificaciones aportadas por Portmann a las corrientes de Kotz. Así pues, es interesante hoy en día trabajar con una corriente de 2.500 Hz modulada por 80 Hz.

Moreno-Aranda y Seireg

Estos autores demostraron en 1981 que la mejor coordinación entre frecuencia y frecuencia de modulación era 10.000 Hz modulada por 100 Hz (fig. 221).

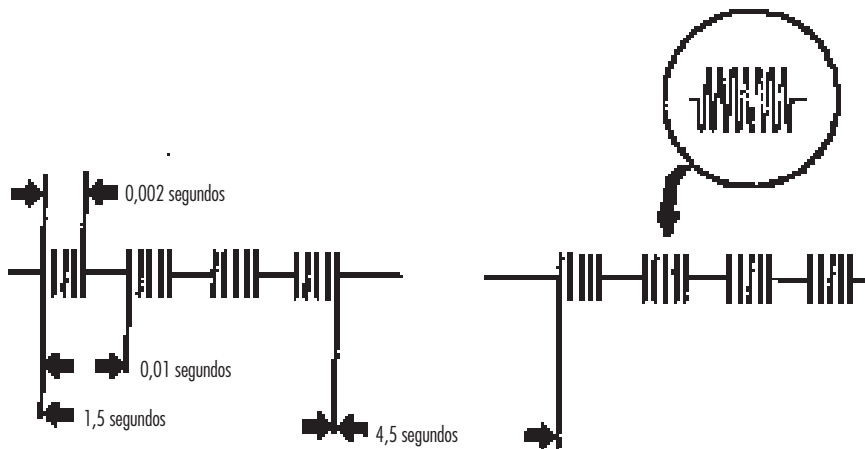


Figura 221. Los parámetros que Moreno-Aranda y Seireg definen para una eficacia máxima.

INTRODUCCIÓN

Los resultados que vamos a exponer aquí no son más que cuantificaciones de campo. Nuestro objetivo primeramente era comprobar si la electroestimulación es un medio interesante para el entrenador. Los atletas que han probado esta técnica han continuado entrenándose normalmente. Era difícil para nosotros hacer grupos dedicados sólo a la electroestimulación, sin que los individuos se preocupasen por su éxito. Nos conviene por otra parte familiarizarnos con esta nueva técnica y hemos ganado para ello un tiempo precioso gracias a la ayuda de M. Joly. Hoy tenemos la convicción de que la electroestimulación es interesante para el entrenamiento y que no presenta mayor peligro que las demás técnicas de musculación. Estamos por otro lado finalizando investigaciones científicas en el hombre y los animales con la colaboración de personas tan competentes como el profesor Guezennec.

Llevamos a cabo dos tipos de investigaciones:

- Con las corrientes de Kotz.
- Con las corrientes de impulsos.

Trabajos con las corrientes de Kotz

Hemos realizado diversas investigaciones:

- Estudio n.º 1: Fuerza máxima gracias a la electroestimulación.
- Estudio n.º 2: Ganancias, de fuerza gracias a la electroestimulación.
- Estudio n.º 3: Electroestimulación y ganancias, de masa.
- Estudio n.º 4: Electroestimulación y esfuerzo prolongado.
- Estudio n.º 5: Electroestimulación y parte final del esfuerzo.

ESTUDIO N.º 1

Fuerza máxima desarrollada por contracción evocada por electroestimulación con las corrientes de Kotz.

Interés del estudio

Para desarrollar la fuerza es necesario desarrollar tensiones musculares considerables. Hemos entonces querido valorar el aparato "SINUS" con atletas para conocer la fuerza máxima que éstos pueden desarrollar con la estimulación eléctrica. El músculo elegido ha sido el cuádriceps, pues es éste el más utilizado en la literatura. Por otra parte, es el músculo más implicado en las actividades deportivas.

Proceso experimental

Para efectuar el test hemos procedido de la forma siguiente:

- Test de fuerza máxima voluntaria:
El sujeto está sentado en una silla especial para medir la fuerza (figura 222). Hemos unido al sujeto al banco de forma que

no pueda descolocarse. La pierna se engancha a un calibrador de fijación electrónica de tipo MYOSTAT. El sujeto después de un calentamiento efectúa tres repeticiones de fuerza máxima: se registra el mejor resultado de cada sujeto.

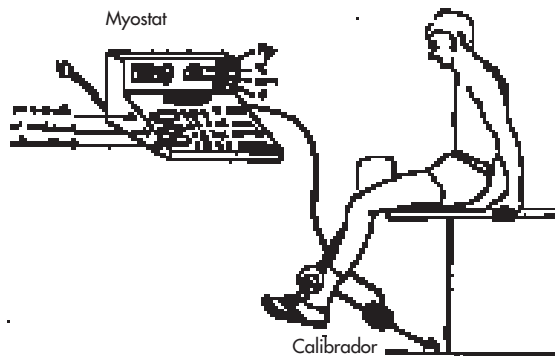


Figura 222. Dispositivo para valorar la fuerza.

Los sujetos

Se trata de sujetos deportistas de 18 a 24 años, todos deportistas de nivel interregional que practican atletismo. La tabla 18 representa los rendimientos y las especialidades de los sujetos.

Vemos entonces que el mínimo registrado representa el 86,6% de la fuerza máxima voluntaria y el máximo es el 104,7%.

Como media obtenemos: 94,7%.

- Test de fuerza por electroestimulación:
Dispositivo: se utilizan 3 vías del "SINUS" (marca Cosmogamma).

Sujetos	Especialidad	Fuerza máx. voluntaria	Fuerza máx. electro	Porcentaje de la fuerza voluntaria
B.A.	esprint	60	52	86,6%
C.T.	disco	82	73	89%
T.J.	decatlón	64	67	104,6%
L.S.	peso	105	110	104,7%
G.F.	peso	101	91	90%
B.F.	altura	63	58	92%
D.P.	longitud	72	67	93%
R.S.	jabalina	75	68	90,6%
C.T.	peso	60	57	95%
R.N.	martillo	102	104	102%
media				94,7%

Tabla 18. Tabla de los sujetos, de las especialidades y rendimiento del cuádriceps en fuerza máxima voluntaria.

- Una para el músculo vasto externo.
- Una para el músculo vasto interno.
- Una para la parte media del cuádriceps.

La disposición de los electrodos se representa en la figura 223. Los electrodos utilizados son electrodos flexibles de pequeña dimensión.



Figura 223. Disposición de los electrodos.

El programa utilizado era el de 2.500 Hz modulado por 50 Hz. La duración de la contracción era 6 segundos. El reposo entre cada repetición era 4 mn.

Los resultados obtenidos figuran en la tabla 18; se comprueban resultados muy alentadores si tenemos en cuenta que los sujetos no estaban habituados a la estimulación, pues efectuaban su tercera sesión.

Vemos que el mínimo registrado representa el 86,6% de la fuerza máxima voluntaria y que el máximo es el 104,7%. Como media obtenemos: 94,7%.

Comparación con los datos de la literatura

Hemos encontrado pocos trabajos realizados con deportistas.

Tomamos entonces los resultados efectuados en personas no pertenecientes al mundo deportivo. Es necesario, no obstante, reseñar que en el deportista ya habituado a los ejercicios de fuerza es más difícil alcanzar una fuerza importante que en el sedentario. Se constata que los resultados obtenidos en estas condiciones son muy satisfactorios. La figura 224 es la representación gráfica de los resultados de la literatura y los nuestros en porcentajes de fuerza máxima voluntaria.

Se comprueba una gran variedad de resultados, demostrada por la heterogeneidad de los protocolos empleados. La horquilla varía del 5% en Stefanova al 87% en Walmsley.

Con el 94% estamos por encima de todos los resultados. La tabla que sigue muestra las referencias de todos estos estudios.

Material utilizado

Es el aparato "SINUS" de la marca "Cosmogamma". El género de las corrientes de Kotz (2.500 Hz modulado por 50 Hz). El tiempo de trabajo y el de reposo son regulables voluntariamente;

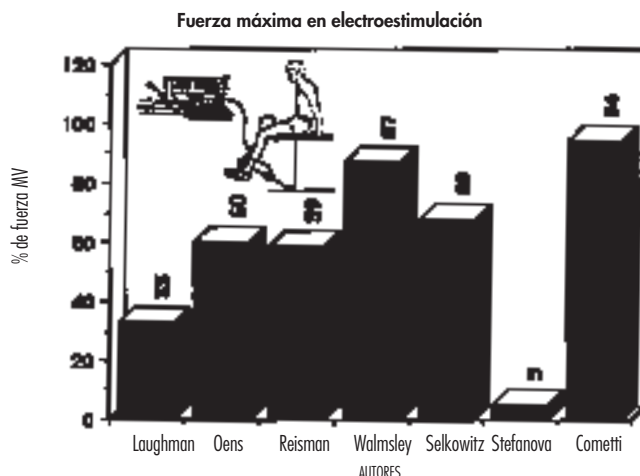


Figura 224. Representación gráfica de los resultados de la literatura en estimulación eléctrica, expresados en % de la fuerza máxima voluntaria.

para nuestros experimentos hemos regulado el tiempo de trabajo en 6 segundos, la recuperación era de 4 mn. En efecto, se confirma que la fuerza producida aumenta hasta alrededor de los 6 segundos, un tiempo inferior no permitirá obtener la fuerza máxima. El aparato "SINUS" permite visualizar el tiempo de trabajo y el de reposo. La figura 225 representa la configuración del instrumento.

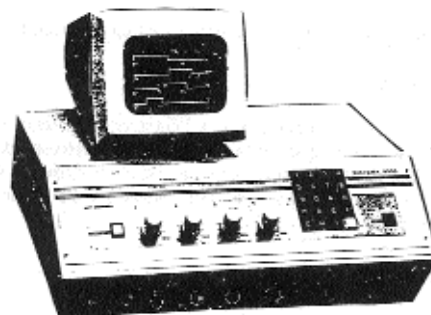


Figura 225. El "sinus" de Cosmogamma.

Autores	Año	Aparato utilizado	Músculo	Fuerza máxima en electroest. % de FMV
Laughman y cols.	1983	Electroestim 180	Cuádriceps	33%
Owens y Malone	1983	Electroestim 180	Cuádriceps	60%
Reisman	1984	Stim 1	Cuádriceps	59%
Walmsley y cols.	1984	Electrostim 180-2	Cuádriceps	87%
Selkowitz	1985	Electrostim	Cuádriceps	68%
Stefanova y Vodovnik	1985		Cuádriceps	5%
Cometti	1987	Sinus Cosmogamma	Cuádriceps	94%

Estudios efectuados en el cuádriceps y resultados de la fuerza máxima obtenida por electroestimulación expresada en % de fuerza máxima voluntaria.

ESTUDIO N.º 2

Progresos en fuerza máxima después del entrenamiento de electroestimulación.

Interés del estudio

La posibilidad de mejorar la fuerza gracias a la electroestimulación está muy discutida. Si se admite que este método es interesante para rehabilitar atletas después de lesiones, su interés en el atleta sano con vistas a una ganancia de fuerza no es evidente. Hemos entonces querido estudiarlo en los deportistas.

Proceso experimental

Los sujetos

Son estudiantes de educación física de diferentes especialidades. Hemos tomado a 16 sujetos repartidos en 2 grupos:

- Un grupo de control que no entrena fuerza.
- Un grupo experimental que se entrena con electroestimulación 3 veces por semana.

El entrenamiento por electroestimulación estaba estandarizado como sigue:

- La posición de los electrodos era idéntica que en el estudio n.º 1.
- La posición angular de la rodilla estaba próxima a la extensión completa (a 20° más o menos).

- Las sesiones duran 15 min, 3 veces por semana.
- El ritmo de trabajo durante la sesión es el de Kotz (10 seg de trabajo, 50 seg de reposo).

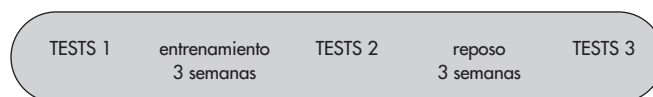
Los tests

Los tests realizados han sido los siguientes:

- La fuerza máxima del cuádriceps (de la mejor pierna) (medida con el dispositivo del estudio n.º 1).
- La fuerza en medio-squat.
- La capacidad elástica medida por el SJ y el CMJ.

La medida de estos 2 tests se hace con el dispositivo de Abalakov.

Los tests y el período de entrenamiento



Resultados

Las tablas 19 y 20 muestran los resultados de los diferentes tests.

GRUPO EXPERIMENTAL													
Sujetos	Edad	Fuerza						Capacidad elástica					
		Cuádriceps			1/2 squat			SJ			CMJ		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
R	22	71	95	96	140	180	175	40	38	44	45	40	49
S	22	80	105	105	105	150	185	45	43	51	52	46	56
B	27	60	90	92	200	290	285	48	45	53	53	47	58
C	25	65	80	85	140	165	170	40	38	46	46	44	46
T	24	58	80	82	150	170	170	50	49	53	54	48	56
F	23	95	110	120	200	230	240	55	53	60	60	50	64
B	21	65	95	96	140	160	170	48	46	54	50	46	52
D	21	70	100	105	160	200	205	46	42	50	50	44	55
		T1	T3	T2	T1	T3	T2						
Media		70,5	97,6	197,5	46,5	51,3	45,6						
		T2	T1	T3	T2	T1	T3						
		94,3	160	200	44,2	51,2	54,5						
Progreso %		33,7	38,4	23,4	25	-4,9	10,3	-11,1	6,2				

Tabla 19. Resultados de los tests en el grupo experimental.

GRUPO CONTROL													
Sujetos	Edad	Fuerza						Capacidad elástica					
		Cuádriceps			1/2 squat			SJ			CMJ		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
C	23	75	77	76	130	130	125	38	39	38	44	43	43
R	22	65	63	67	120	125	120	40	42	40	42	40	41
D	25	55	57	55	100	105	105	41	39	40	45	45	44
B	21	61	63	63	105	100	105	36	35	35	40	38	40
L	26	70	68	68	120	115	115	40	41	41	44	43	43
L	28	58	60	60	100	95	95	48	47	47	52	51	51
G	29	55	58	56	90	90	90	45	44	44	48	47	47
A	23	60	62	62	85	90	90	50	51	52	54	55	56
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Media		62,3	63,3	106,2	42,2	42,1	45,2						
		63,5	106,2	105,6	42,2	46,1	45,6						
		T2-T1	T3-T1	T2-T1	T3-T1	T2-T1	T3-T1	T2-T1	T3-T1	T2-T1	T3-T1	T2-T1	T3-T1
Progreso %		1,9	1,6	0	-0,5	0	0,002	-1,9	-1				

Tabla 20. Resultados de los tests en el grupo de control.

Las cifras muestran cosas interesantes. La figura 226 representa la evolución de los tests de fuerza. La figura 227 ilustra los progresos en capacidad elástica.

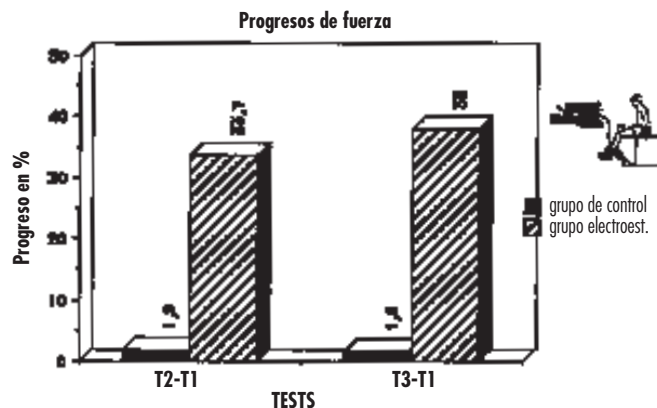


Figura 226. Evolución de los tests de fuerza (cuádriceps y 1/2 squat) el final de las 3 semanas de entrenamiento (T2-T1) y después de 3 semanas de reposo (T3-T1).

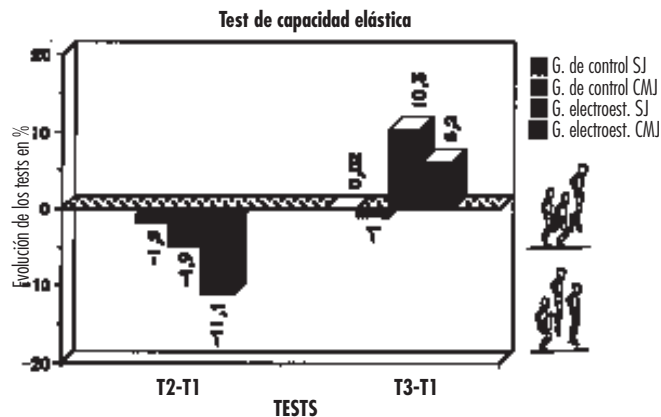


Figura 227. Evolución de los tests de capacidad elástica: SJ y CMJ.

Los tests de fuerza:

- Muestran una ganancia de fuerza muy significativa en el grupo experimental tanto para la fuerza del cuádriceps como en el 1/2 squat (respectivamente 33,7% y 23,4%).
- Esta fuerza se mantiene durante las 3 semanas de reposo.

Los tests de capacidad elástica:

- La figura 227 muestra un fenómeno muy interesante: la capacidad elástica medida con los tests decae de forma espectacular después de 3 semanas de trabajo en electroestimulación (del 4,9% en el SJ y del 11,1 en el CMJ). Este tipo de trabajo no es, pues, interesante a corto plazo para la capacidad elástica. Pero a continuación de las 3 semanas de reposo los tests progresan significativamente en relación con los valores iniciales: es necesario entonces un período de adaptación para transferir la fuerza adquirida al ámbito de la capacidad elástica.

Electroestimulación y elasticidad

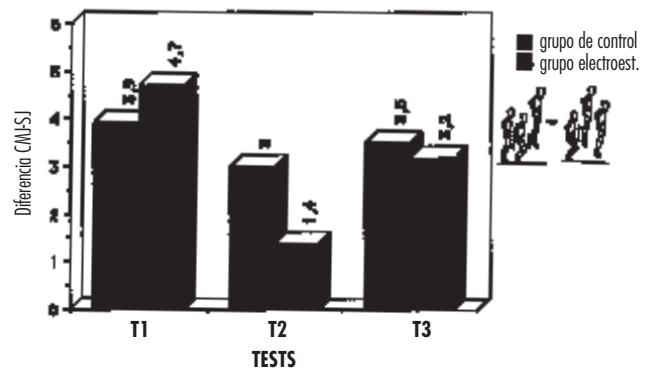


Figura 228. Evolución de la elasticidad (diferencia CMJ y SJ).

- La figura 228 representa la diferencia entre el CMJ y el SJ que representa la capacidad elástica. Se comprueba que el trabajo en electroestimulación tiene tendencia a disminuir la elasticidad (el CMJ baja más que el SJ). Será entonces necesario tener en cuenta en el entrenamiento para este tipo de trabajo la combinación con ejercicios destinados a desarrollar la elasticidad (saltos por ejemplo).

Comparación de nuestros resultados con la literatura

Es difícil comparar los diferentes experimentos, pues las condiciones no son nunca exactamente iguales. Sin embargo, vamos a intentar una comparación para dar una idea global de la eficacia de las corrientes de Kotz. La tabla 21 muestra las condiciones de los experimentos:

Autores	Año	Aparato	Músculo	Duración	Secuencias	Progreso
Curried y Mann	1983	Electrostim 180-2	Cuádriceps	5 sem.	15	14%
Laughman y cols.	1983	Electrostim 180-2	Cuádriceps	5 sem.	25	22%
Owens y Malone	1983	Electrostim 180	Cuádriceps	10 días	10	NS*
Selkowitz	1985	Electrostim	Cuádriceps	4 sem.	28	44%
Kotz	1971		Bíceps	3 sem.	9	30%
Portmann	1978		Cuádriceps	8 sem.	24	28,8%
Cometti	1987	SINUS	Cuádriceps	3 sem.	9	33%

* NS = no significativo

Tabla 21. Resultados de la literatura concernientes a los progresos de fuerza con las corrientes de Kotz.

La figura 229 muestra de forma concreta y adecuada los resultados tan eficaces obtenidos.

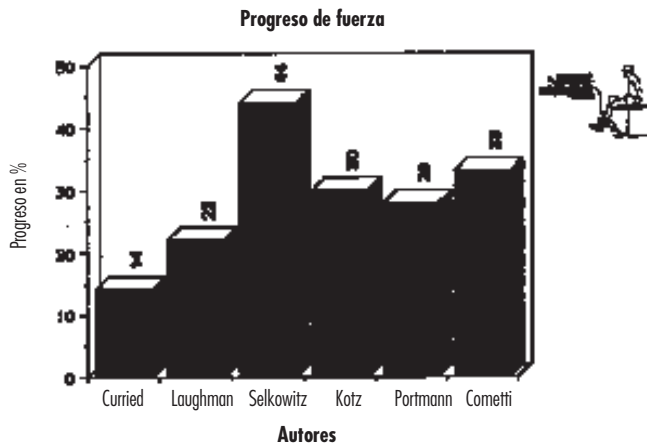


Figura 229. Representación gráfica de los resultados obtenidos con las corrientes de Kotz.

CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO N.º 2

Podemos entonces afirmar que el trabajo de electroestimulación es eficaz y mejora la fuerza de forma espectacular.

- 3 semanas son suficientes para obtener resultados significativos.
- La capacidad elástica sólo mejora después de un período de adaptación a la fuerza nuevamente adquirida.
- Es necesario efectuar ejercicios destinados a mantener la elasticidad muscular.

ESTUDIO N.º 3

Las corrientes de Kotz y el desarrollo de la masa muscular:

Interés del estudio

El desarrollo de la masa muscular es una preocupación importante para la rehabilitación y para ciertas disciplinas deportivas. Hemos estudiado este fenómeno en atletas sanos en período de entrenamiento y en un culturista de alto nivel (practicante del body-building).

Proceso experimental

- 8 sujetos saltadores de altura con edades comprendidas entre 19 y 24 años han realizado 3 semanas de entrenamiento a razón de 3 sesiones de 10 min de electroestimulación por semana (siendo 9 sesiones en total). El perímetro del muslo (de la pierna de apoyo) se ha medido en posición de reposo y en situación de contracción máxima, antes y después del período de entrenamiento.
- 1 sujeto culturista 5.º en los campeonatos del mundo realizó 9 sesiones de entrenamiento en el bíceps braquial en 2 semanas. El perímetro y la fuerza se han medido antes y después de este período.

Resultados

La figura 230 presenta las cifras de incremento en centímetros del perímetro de la pantorrilla de los diferentes atletas:

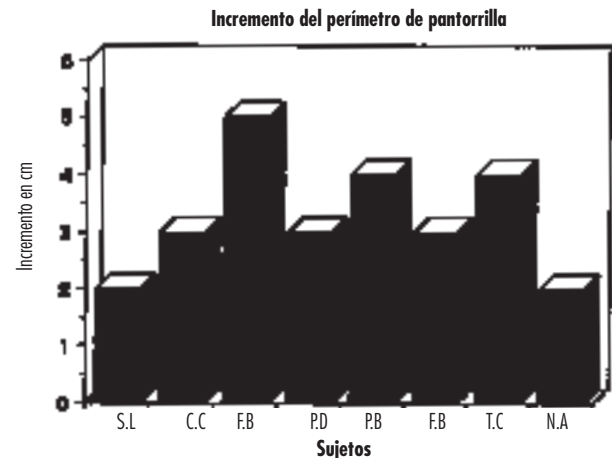


Figura 230. Progresos en el perímetro de pantorrilla.

Se comprueba que la ganancia máxima es 5 cm y la mínima, 2 cm. El incremento medio del perímetro del muslo es de 3,4 cm. Esta cifra es evidentemente impresionante y da una idea de la eficacia de las corrientes de Kotz y su aprovechamiento en el desarrollo de la masa muscular.

Para saber hasta dónde puede llegar la eficacia de las corrientes de Kotz en el desarrollo de la masa muscular nos hemos dirigido a los "especialistas" de la masa muscular, que son los culturistas. Hemos trabajado sólo con un atleta, de nivel mundial (5.º en los campeonatos del mundo).

El trabajo se lleva a cabo sobre el bíceps y se efectúa utilizando 3 vías de "SINUS" para obtener una contracción suficiente (la intensidad alcanza unas 250 mA).

La figura 231 muestra los progresos de la fuerza (progreso en kg) y del perímetro de bíceps (en cm) en los bíceps izquierdo y derecho.

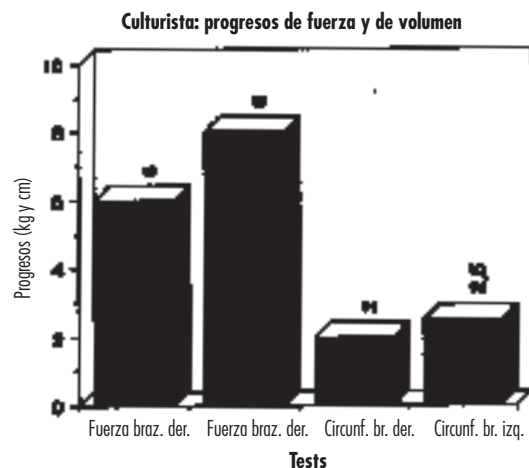


Figura 231. Progreso de la fuerza y el perímetro de bíceps en los bíceps izquierdo y derecho de un culturista de nivel mundial.

Los resultados de fuerza y volumen (perímetro del brazo) se presentan en la tabla 22.

	Antes	Después	Progreso
Fuerza brazo izqdo.	40 kg	46 kg	6 kg
Fuerza brazo dcho.	40 kg	48 kg	8 kg
Volumen brazo izqdo.	43 cm	45 cm	2 cm
Volumen brazo dcho.	42 cm	44,5 cm	2,5 cm

Tabla 22. Resultados de fuerza y volumen en un culturista después de 9 sesiones de electroestimulación.

CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO N.º 3

Las corrientes de Kotz presentan una ventaja cierta para desarrollar la masa muscular. Esto es interesante en numerosas actividades deportivas como:

- disciplinas que necesitan una ganancia de fuerza por hipertrofia,
- el culturismo (body-building),

y seguramente:

- en todos los casos de hipertrofia debidos a una interrupción del entrenamiento como consecuencia de una lesión.

ESTUDIO N.º 4

La mejora de la aptitud para mantener una fuerza durante un tiempo bastante prolongado gracias a la electroestimulación:

EJEMPLO DE LA VELA: G. Cometti, P. Cottin.

Interés del estudio

En ciertas disciplinas es necesario mantener una fuerza importante durante un tiempo más o menos prolongado (esta fuerza es a menudo isométrica); es el caso de la vela, donde es necesario mantener una posición de "rappel", Esta posición exige una tensión importante de las piernas y la fatiga de las piernas obliga a menudo a los atletas a cesar su esfuerzo. Con el objeto de saber si el trabajo por electroestimulación puede retrasar el umbral de fatiga, hemos hecho este estudio con un atleta de nivel medio.

Proceso experimental

Con un solo atleta no es posible generalizar; este estudio no tiene, pues, más valor que en sí mismo y solicita ser válido en un grupo entero. Nosotros se lo concedemos sin embargo, pues nos parece revelador de las enormes posibilidades de entrenamiento con electroestimulación.

Tests

- Hemos efectuado 4 tipos de medidas:
- Perímetro del muslo.

- Fuerza del cuádriceps (medida con dinamómetro electrónico).
- Capacidad elástica con el CMJ.
- Tiempo máximo en posición de *rappel* con chaleco lastrado.

Resultados

La tabla 23 expone los resultados registrados con 3 semanas de electroestimulación a razón de 3 sesiones por semana de 15 min.

Las figuras 232 y 233 ilustran los progresos de los diferentes parámetros.

	Antes	Después	Progreso
Volumen pierna dcha.			2 cm
Volumen pierna izqda.			2 cm
Fuerza cuádriceps			15 kg
Capacidad elástica CMJ			5 cm
Tiempo máximo de:	3 min	10 min	7 min

Tabla 23. Resultados de los tests.

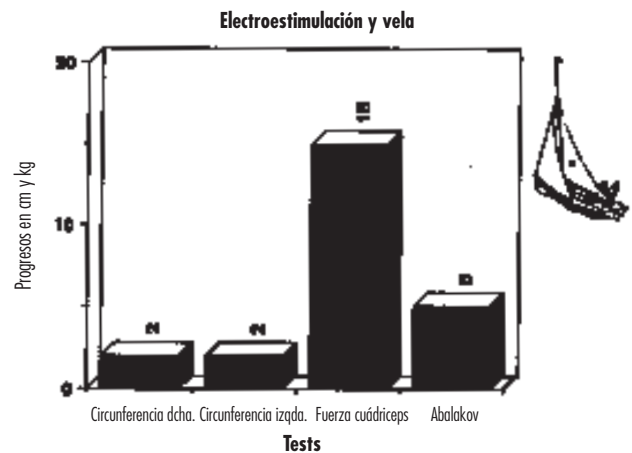


Figura 232. Progresos de la masa muscular, la fuerza y la capacidad elástica de un atleta que practica la vela después de 3 semanas de electroestimulación.

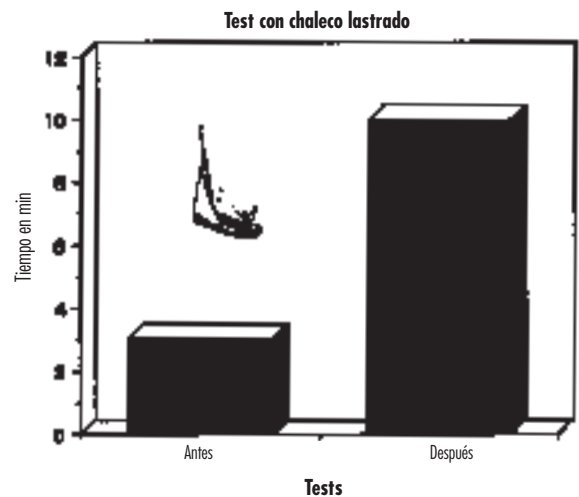


Figura 233. Progresos en tiempo máximo de *rappel*.

Los resultados muestran de nuevo una gran eficacia del trabajo realizado con el aparato "SINUS" Cosmogamma. Este estudio abre entonces perspectivas para los deportes de resistencia, ámbito que será objeto de futuras investigaciones que queremos emprender.

ESTUDIO N.º 5

La electroestimulación para mejorar el final del esfuerzo:

EJEMPLO DEL MEDIO FONDO: Gilles Cometti, Jean Yves Gayon, Blaise Kretzmeyer.

Interés del estudio

En medio fondo como en otras disciplinas es importante ser eficaz al final del esfuerzo (en el sprint final o en el final de un partido). Hemos querido saber si el trabajo por electroestimulación puede mejorar este factor.

La hipótesis consiste en introducir un trabajo de electroestimulación en el entrenamiento de carrera para agotar localmente los músculos. La esperanza se centra en la mejora de la aptitud para desarrollar más fuerza al final del esfuerzo.

Proceso experimental

Hemos formado 3 grupos de 5 corredores de medio fondo de nivel regional. Estos 3 grupos han realizado un trabajo diferente:

- El grupo 1 se entrena en carrera con un trabajo de tipo continuo e intermitente.
- El grupo 2 realiza la misma cantidad de entrenamiento que el grupo 1, pero efectuando una parte del trabajo continuo e intermitente en multisaltos.
- El grupo 3 se entrena como el grupo 2 pero además con 15 min de electroestimulación del cuádriceps a mitad de la sesión.

El período de entrenamiento duró 3 semanas a razón de 3 entrenamientos por semana. La tabla 24 expone la planificación del experimento.

3 semanas de entrenamiento		
TESTS 1	grupo 1 = carrera grupo 2 = carrera + multisaltos grupo 3 = carrera + multisaltos + Electroestimulación	TESTS 2

Tabla 24. Planificación del experimento.

Tests

Hemos efectuado varias sesiones de tests:

- Un test de velocidad máxima aerobia (detrás de bicicleta), que es un test inspirado en el test de Leger, pero mejorado por Bruce, este test mide las cualidades de resistencia.
- Un test de 100 m en zancadas en salto inmediatamente después del fin del desarrollo de un test precedente (para ver justamente la eficacia de la fuerza de la zancada en una situa-

ción comparable al final de la carrera). Se mide entonces el tiempo de los 100 m y el número de zancadas en salto (la figura 234 representa el procedimiento del test).

- Tests de capacidad elástica: SJ, CMJ.
- Tests de medida del perímetro del muslo en reposo y en contracción.

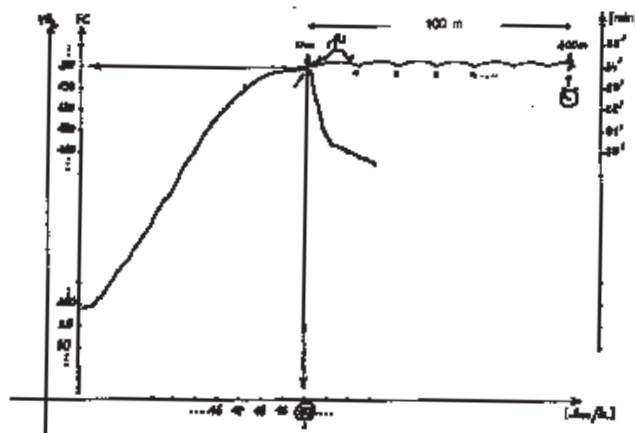


Figura 234. Tests de velocidad máxima aerobia y de 100 m de zancadas en salto.

Resultados

- La velocidad máxima aerobia no varió significativamente en ninguno de los tres grupos.
- En cuanto al test de 100 m en zancadas en salto:

Los atletas del grupo 1 no han podido por razones diversas hacer este test, sólo comparamos los grupos 2 y 3. La figura 235 representa los resultados de la evolución de estos tests.

Se comprueba que el tiempo disminuyó en los 2 grupos, pero sobre todo que el número de zancadas disminuyó significativamente en el grupo "estimulado". Esto demuestra una mejora de la fuerza de cada apoyo, que es justamente lo que se buscaba.

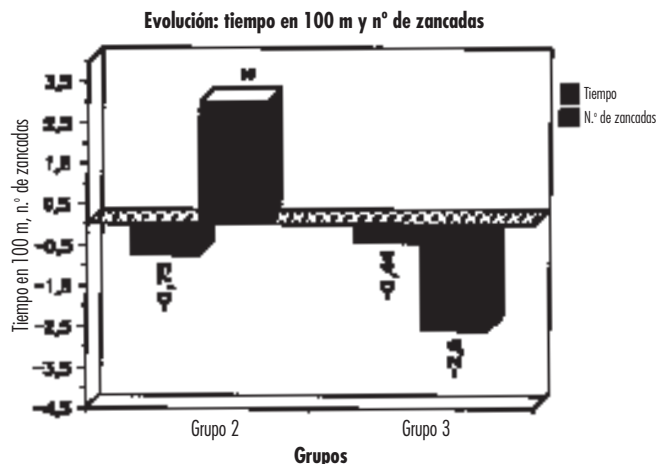


Figura 235. Evolución de los tests de 100 m en condiciones de fatiga (tiempo y número de apoyo).

- Tests de capacidad elástica: squat jump:

Las figuras 236, 237 y 238 representan los resultados de los 3 grupos en el SJ.

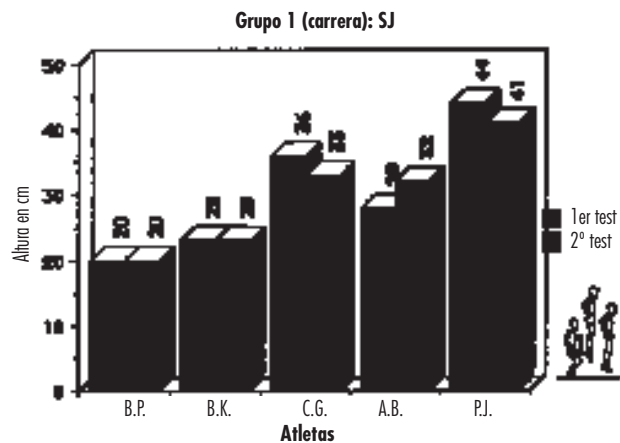


Figura 236. Grupo 1: SJ antes y después de 3 semanas de entrenamiento (carrera).

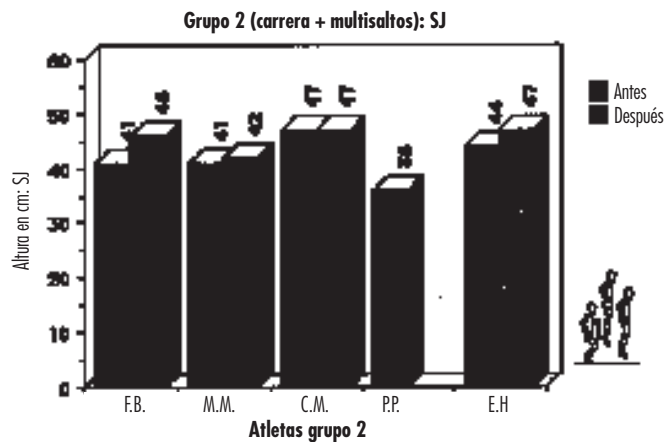


Figura 237. Grupo 2: SJ antes y después de 3 semanas de entrenamiento (carrera + multisaltos).

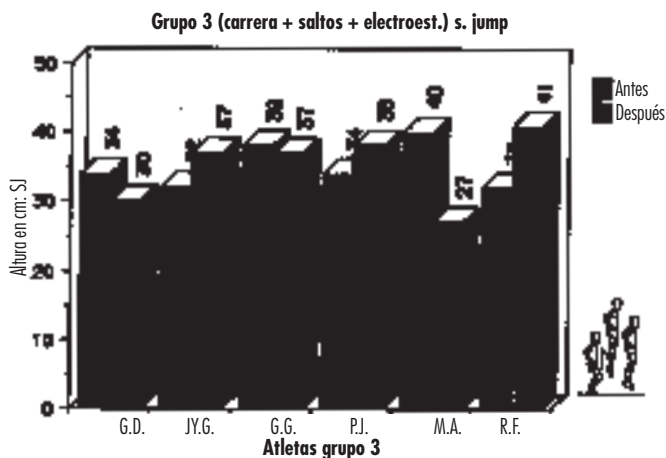


Figura 238. Grupo 3: SJ antes y después de las 3 semanas de entrenamiento (carrera + multisaltos + electroestimulación).

Se constata que sólo el grupo 3 obtiene modificaciones significativas en este test (con la excepción de un sujeto que acusó una gran fatiga general al final de las 3 semanas).

La figura 329 muestra la medida de los diferentes grupos antes y después del entrenamiento de los tres grupos en SJ y en CMJ.

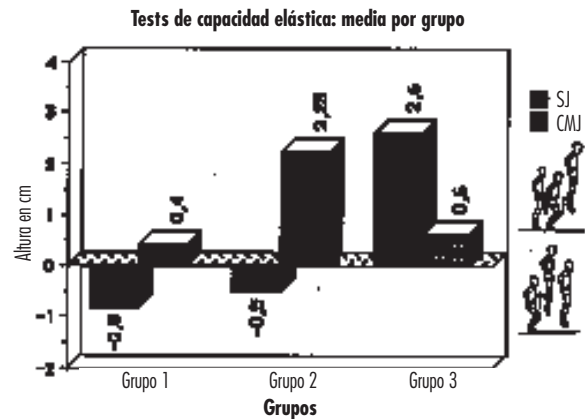


Figura 239. Evolución de los tests de capacidad elástica en los 3 grupos.

Los resultados son muy interesantes, pues demuestran:

- La espectacular eficacia de la electroestimulación para mejorar el SJ.
- La eficacia de los saltos para mejorar el CMJ.

Lo cual confirma los resultados del estudio 3: la electroestimulación tiende a disminuir las cualidades elásticas de los músculos. En las figuras 240, 241 y 242 se encuentran los resultados detallados de los 3 grupos en CMJ.

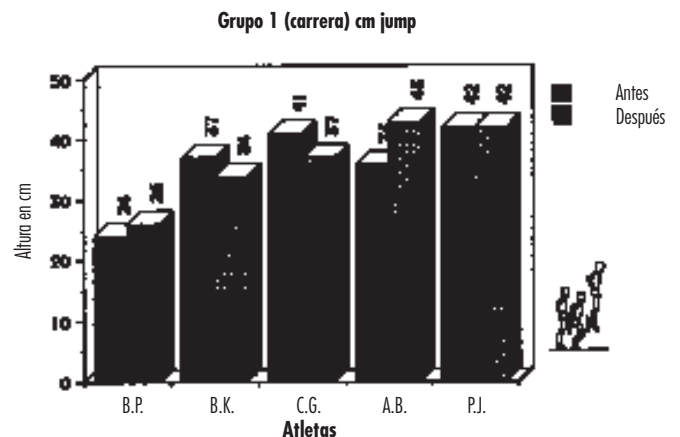


Figura 240. Grupo 1: el CMJ. Evolución.

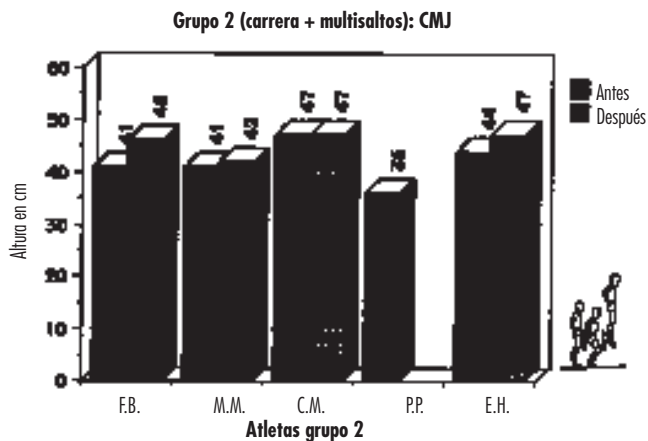


Figura 241. Grupo 2 el contramovimiento jump. Evolución.

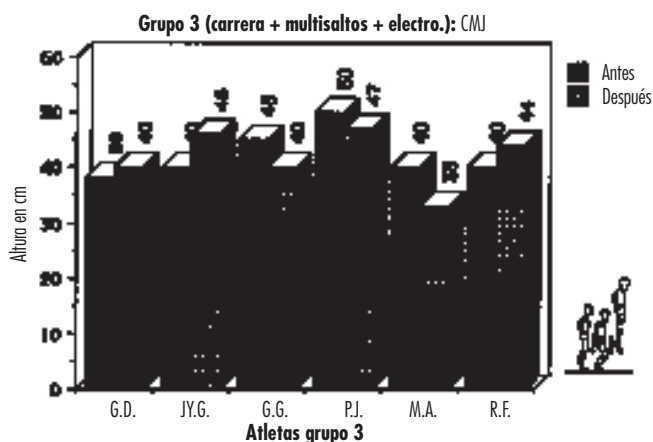


Figura 242: Grupo 3: el CMJ. Evolución.

– Las medidas de volumen muscular:

No han mostrado ningún cambio significativo: las modificaciones registradas en los 3 grupos quedan por debajo del centímetro más o menos.

El trabajo con las corrientes de Kotz cuando se efectúa durante un entrenamiento de carrera no tiene, por tanto, influencia en la masa muscular.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO Nº 5

El entrenamiento por electroestimulación con las corrientes de Kotz se prueba particularmente interesante para mejorar la fuerza necesaria al final del esfuerzo (esprint, final del partido). Pensamos que son necesarias investigaciones más profundas en este campo para hacer en cierto modo que esta técnica pase a ser práctica corriente en el entrenamiento.

Estudio efectuado con las corrientes de impulsos

LAS CORRIENTES

Se representan en la figura 243. La duración del impulso es variable (de 80 a 1.200 μ seg.).

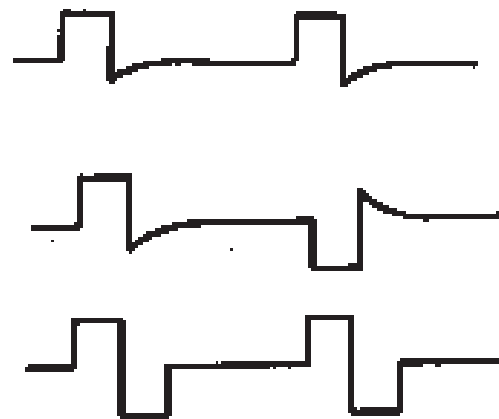


Figura 243. Ejemplos de corriente de impulsos.

Actualmente los aparatos existentes permiten variar los parámetros siguientes:

- Duración de los impulsos.
- Frecuencia de los impulsos.
- A veces la forma de los impulsos.
- Tiempo de trabajo.
- Tiempo de reposo.

MATERIAL

Existen en el mercado numerosos aparatos que producen corrientes "de impulsos". Aquí presentamos sólo algunos ejemplos.

Aparato ECL'S sport

Posee 8 programas que se han creado para el entrenamiento deportivo.

Características:

- Forma de los impulsos más eficaz para el desarrollo de la fuerza.
- 2 generadores.
- Nivel de intensidad por potenciómetro.
- Variedad de programas.
- Aparato evolutivo: posible modificación (pero no automática) de los 8 programas.
- Aparato no portátil.

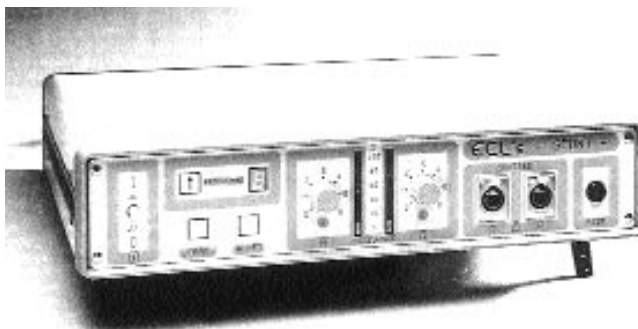


Figura 244. Aparato ECL's sport.

Aparato "Compex"

Aparato de gama alta cuya mayor ventaja es ser enteramente programable. Características:

- Aparato portátil.
- 4 generadores.
- Electrodo demasiado rígidos.
- Número infinito de programas.
- Se vende en dos elementos: una maleta de programación y un estimulador.

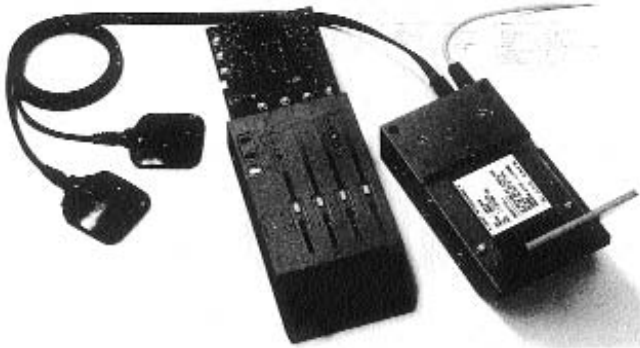


Figura 245. Aparato "Compex".

Aparato "Stipro"

Aparato portátil y programable. Características:

- 2 generadores.
- Forma de los impulsos todavía no ideal.
- Posibilidad de disociar las 2 vías.
- Fijación numérica de carteles.



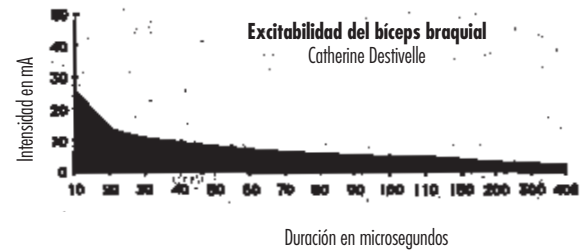
Figura 246. Aparato "Stipro".

Para más precisiones sobre el material concerniente a electroestimulación, dirigirse a G. Cometti a la dirección del UFR STAPS de Dijon.

PRECAUCIONES A TOMAR

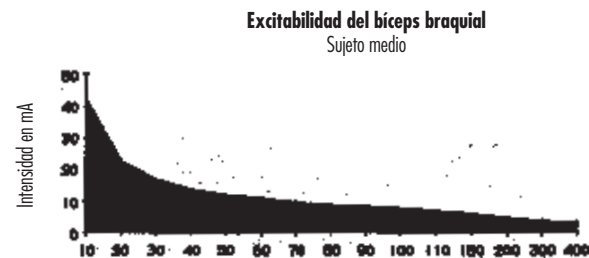
Antes de comenzar un entrenamiento de musculación es necesario asegurarse del estado de los músculos del sujeto. Para ello la técnica de la curva de excitabilidad (ver capítulo precedente) nos parece eficaz. El protocolo puesto a punto por B. Joly permite hacer comprobaciones interesantes. Permite a veces comprobar que el músculo no está en estado de soportar un entrenamiento de

musculación (y por consiguiente de electroestimulación). Aunque esta técnica no es un medio de investigación realmente científica, nos parece un medio complementario interesante para seguir el entrenamiento de los atletas de alto nivel.



Duración en microsegundos

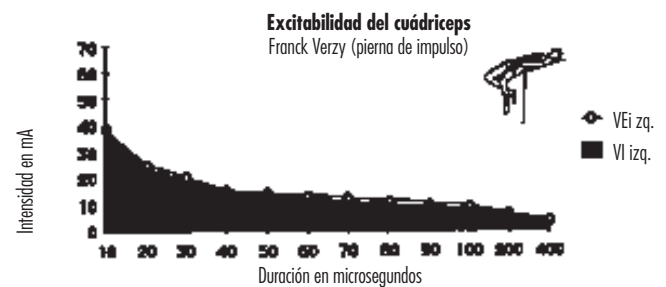
A: atleta de nivel mundial



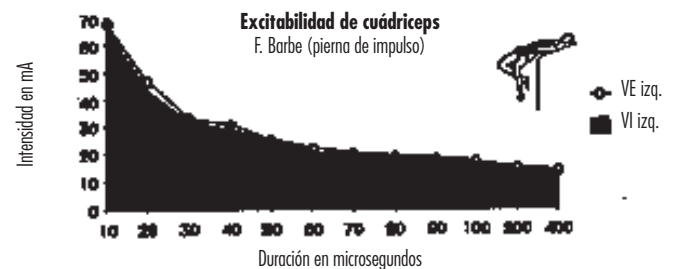
Duración en microsegundos

B: atleta medio

Figura 247. Curvas de excitabilidad de los bíceps braquiales de 2 escaladores. A: atleta de nivel mundial (C. Destivelle), B: atleta medio.



A: curva de excitabilidad, saltador de altura de nivel internacional



B: curva de excitabilidad de un saltador de altura de nivel regional (2 m)

Figura 248. Curvas de excitabilidad de los 2 vastos de la pierna libre de 2 saltadores de altura. A: atleta de nivel internacional (F. Verzy), B: atleta de nivel regional (2 m).

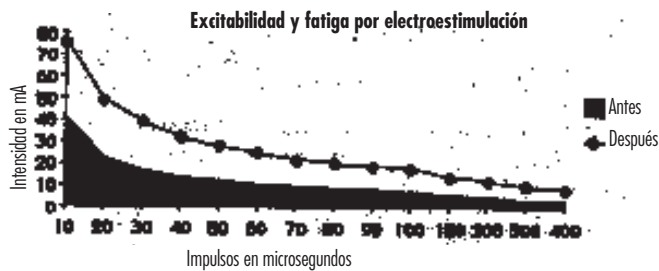


Figura 249. Curva de excitabilidad de un sujeto antes y después de una sesión de electroestimulación.



Figura 250. Curva de excitabilidad antes y después de un esfuerzo concéntrico.

Añadimos algunos ejemplos de curvas realizadas en deportistas de alto nivel que tienden a mostrar que estos atletas se distinguen desde este punto de vista de los practicantes de nivel inferior que practican la misma disciplina.

Es necesario señalar que esta curva de excitabilidad varía en función del esfuerzo impuesto al músculo. Mostramos en las figuras 249 y 250 dos ejemplos de curvas del bíceps después de requerimientos diferentes.

LA ELECTROESTIMULACIÓN EN EL ENTRENAMIENTO DEL ESPRINT

En un individuo

El experimento consiste en estimular el cuádriceps de un esprinter (récord 10s 60) 6 veces 10 min durante una semana. Los tests efectuados han sido los siguientes:

- Fuerza del cuádriceps.
- SJ.
- CMJ.
- 1/2 squat.

Los progresos en porcentaje se representan en la figura 251.

Los espectaculares resultados se explican por el hecho de que este atleta había dejado el entrenamiento hacía algunos meses.

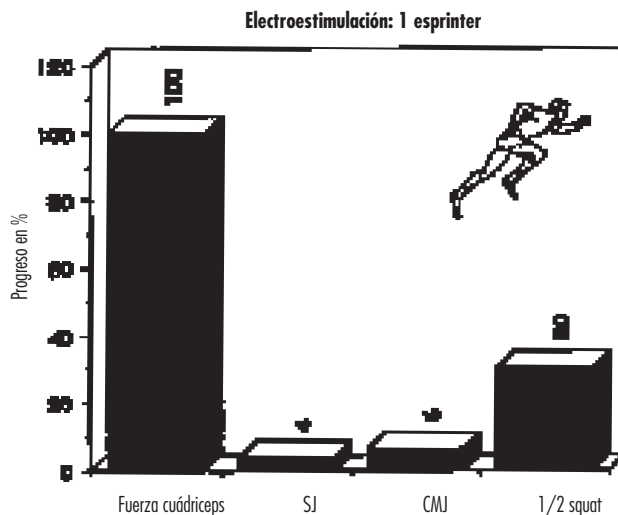


Figura 251. Resultados después de 1 semana de electroestimulación en un esprinter (6 x 10 min).

Sobre un grupo: (tríceps)

Hemos constituido 2 grupos:

- Un grupo de control que trabaja en musculación y técnica (2 sesiones de musculación por semana).
- Un grupo experimental que efectúa exactamente el mismo entrenamiento más 3 veces 5 minutos por semana de electroestimulación de la bóveda plantar y del tríceps durante 2 semanas.

Los resultados se resumen en las figuras 252 y 253.

Los tests utilizados han sido los siguientes:

- Test de fuerza del tríceps en prensa.
- Test de 20 m lanzados (con células fotoeléctricas).

Los tests se han realizado al final del ciclo de trabajo y 3 semanas después del cese del ciclo de electroestimulación.

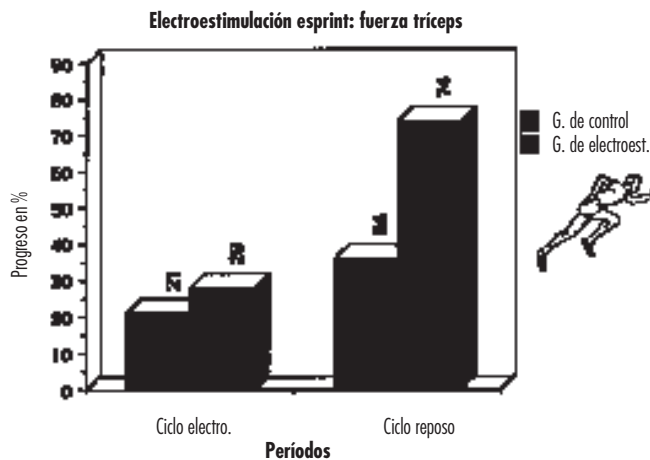


Figura 252. Progreso de 2 grupos en fuerza del tríceps (Coffre, Cometti, 1988).

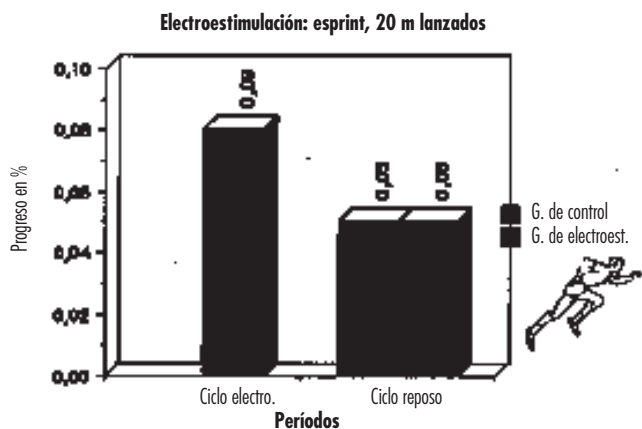


Figura 253. Progreso de los 2 grupos en 20 m con salida lanzada (Cofre, Cometti, 1988).

Conclusiones de los estudios:

- El trabajo del cuádriceps es más importante que el trabajo del tríceps.
- 5 min. es un tiempo de estimulación demasiado corto.
- En un período de 1 a 2 semanas la influencia de la electroestimulación es ya sensible.

En un grupo (estimulación, cuádriceps, tríceps, glúteos)

según Rattón, Bienvenu, Cometti (1989)

Hemos continuado nuestra investigación con los esprinters modificando las condiciones. 10 esprinters repartidos en 2 grupos: 5 desarrollan un entrenamiento de carrera y de musculación clásica y otros 5 se entrenan de la misma forma reemplazando el entrenamiento de musculación por un entrenamiento de electroestimulación.

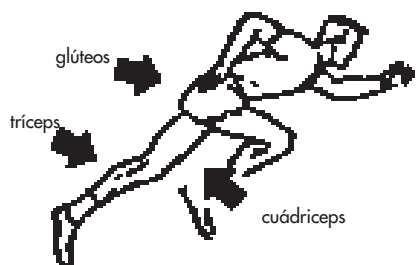


Figura 254. Músculos estimulados en el esprinter.

Programa de electroestimulación:

- La sesión. Se compone de:
 - 10 min. de estimulación de cada cuádriceps.
 - 10 min. de estimulación de los músculos glúteos.
 - 5 min. de estimulación de cada tríceps.

Intensidad del trabajo de electroestimulación:

Hemos podido evaluarla gracias al dinamómetro electrónico del tipo myostat II, que permitió medir la fuerza máxima desarro-

llada para cada contracción. La consigna dada al sujeto fue trabajar siempre al límite de la tolerancia. Se comprueba en las curvas que la fuerza oscila entre el 60 y el 80% de la fuerza máxima voluntaria.

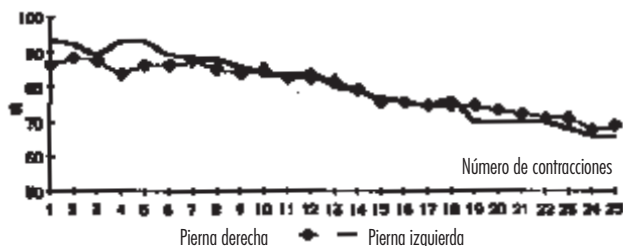


Figura 255. Curvas de fuerza desarrollada a lo largo de la sesión de electroestimulación (ejemplo de 2 sujetos).

- La semana: se compone de 3 sesiones de electroestimulación.
- El ciclo: 6 semanas con estimulación y 6 semanas sin estimulación.

	3	3	3	3
test	semanas	test	semanas	test
1	electro.	2	electro.	3
				test
				5

- Los tests. Se componen de:
 - Fuerza del cuádriceps.
 - Fuerza inducida por electroestimulación.
 - Test de Bosco 15 seg con flexión pronunciada de rodilla.
 - Test de Bosco ejecutado con las piernas en extensión (de pie).

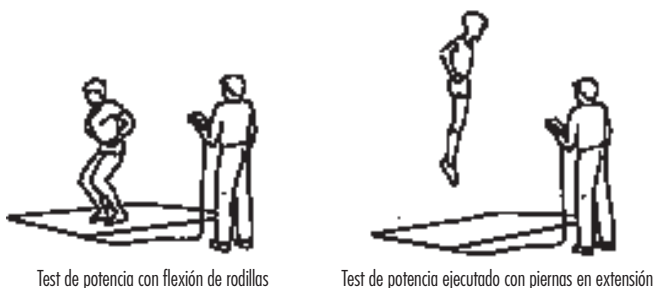


Figura 256. Tests de potencia de las piernas (según Bosco, 1986).

Resultados:

a) Fuerza máxima voluntaria

Se comprueba un progreso espectacular y significativo entre T1 y T2 (después de 3 semanas de electroestimulación) del 52,66%. En el mismo tiempo el grupo de control no aumentó más que el 14,11%. El grupo experimental a continuación se estanca, ya que los progresos pasaron sólo del 52 al 61%.

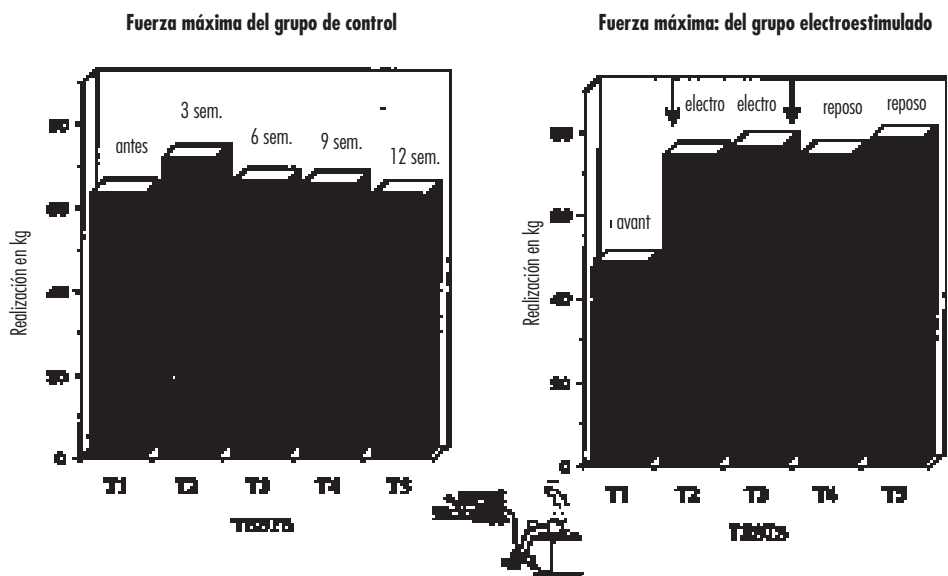


Figura 257. Evolución de la fuerza máxima voluntaria en los 2 grupos (T1 = antes, T2 = 3 semanas de electro., T3 = 6 semanas de electro., T4 = + 3 semanas parada de electro., T5 = 6 semanas parada de electro.) (según Ratton y cols., 1989).

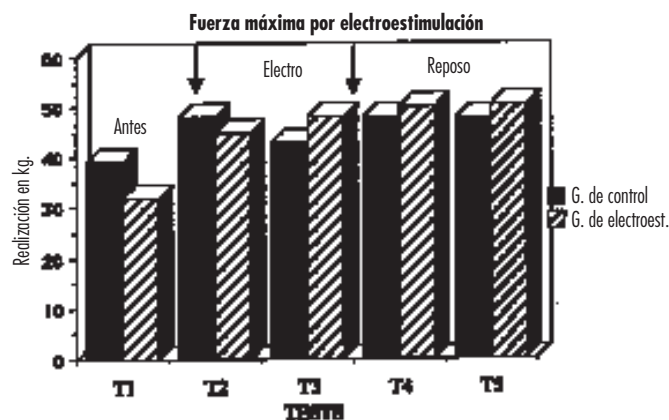


Figura 258. Evolución de la fuerza inducida por electroestimulación para los 2 grupos (T1 = antes, T2 = 3 semanas de electro., T3 = 6 semanas de electro., T4 = + 3 semanas parada de electro., T5 = 6 semanas parada de electro) (según Ratton y cols., 1989).

b) La fuerza por contracción inducida por electroestimulación

Las observaciones son las mismas que para la fuerza voluntaria: un alto progreso al final de las 3 primeras semanas y después progresión más lenta. De hecho, la fuerza inducida por electroestimulación da mejores informes sobre la tolerancia del sujeto, en relación con una intensidad fuerte de corriente, que sobre cualquier modificación fisiológica.

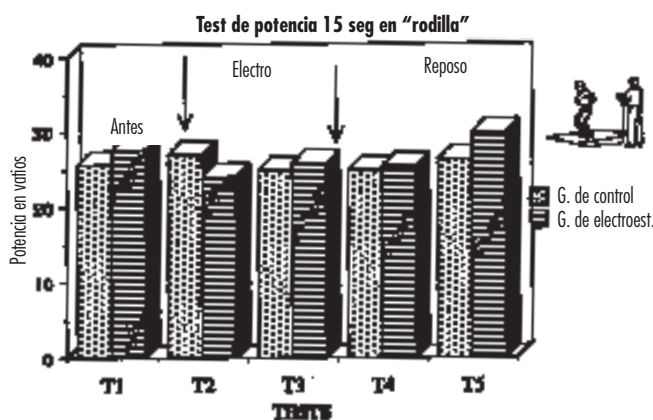


Figura 259. Evolución en el test de Bosco de 15 segundos (ejecutado con flexión de rodilla) (T1 = antes, T2 = 3 semanas de electro., T3 = 6 semanas de electro., T4 = + 3 semanas parada de electro., T5 = 6 semanas parada de electro.) (según Ratton y cols., 1989).

c) Test de potencia con flexión de rodilla

Se comprueba un descenso espectacular al final de las 3 primeras semanas, en el momento en que por el contrario la fuerza del cuádriceps aumenta de forma importante. Se puede, pues,

deducir que los 2 parámetros no son compatibles. La elasticidad muscular sobre la que el test de Bosco se refleja parece resentirse del fuerte incremento de la fuerza del cuádriceps. Por el contrario, en T5 la ganancia es finalmente del 9,20% y este progreso es significativo. Es necesario, por tanto, un período de adaptación pa-

ra que el test de elasticidad traduzca los progresos de fuerza. Esta condición es fundamental en el trabajo por electroestimulación.

d) Test de potencia con piernas estiradas (de pie):

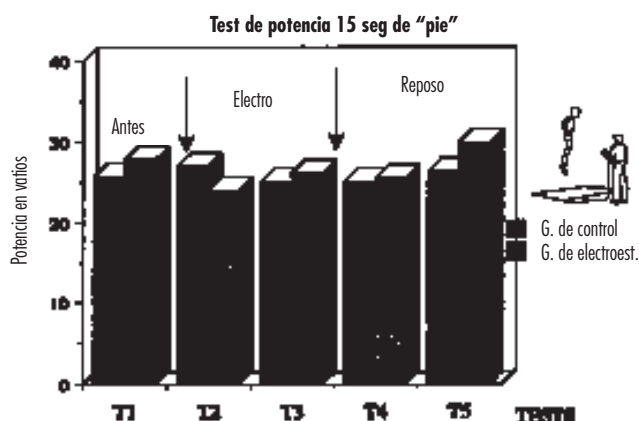


Figura 260. Evolución del test de Bosco de 15 segundos ejecutado de "pie" (T1 = antes, T2 = 3 semanas de elect, T3 = 6 semanas de electro., T4 = + 3 semanas parada de electro, T5 = 6 semanas parada de electro.) (según Ratton y cols., 1989).

Las consignas son las mismas que para los tests precedentes, con un progreso final más débil, del 2,28%. Quede claro que el grupo de control durante este tiempo regresó un 10%.

Observemos que las medidas del contorno del muslo han evolucionado de 2 a 4 cm en el grupo experimental y 2 cm en el grupo de control, disminuyendo a continuación en el grupo experimental después del cese de la electroestimulación.

LA ELECTROESTIMULACIÓN EN EL ENTRENAMIENTO DE LOS SALTADORES

Se realizó en 2 grupos de saltadores de nivel interregional. Los 10 saltadores pertenecen al mismo grupo de entrenamiento; 5 de ellos han añadido la electroestimulación a su entrenamiento.

El experimento duró 2 semanas a razón de 3 sesiones de electroestimulación de 5 min. del cuádriceps.

Los tests efectuados antes y después del entrenamiento fueron los siguientes:

- Fuerza del cuádriceps.
- SJ.
- CMJ.
- Abalakov clásico.

Los progresos se representan en la figura 261.

Los progresos del grupo "estimulado" son significativos para la fuerza del cuádriceps y el SJ.

Conclusión:

La electroestimulación tiende a mejorar la capacidad elástica concéntrica y a disminuir la elasticidad: es necesario entonces

Electroestimulación y salto de altura

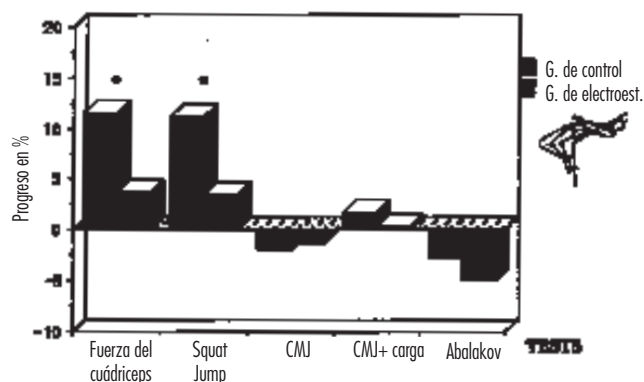


Figura 261. Progreso de un grupo de saltadores (Clément, Cometti, 1988).

compensar el trabajo de electroestimulación con un trabajo de multisaltos.

LA ELECTROESTIMULACIÓN CON LAS CORRIENTES DE IMPULSO Y LA ELASTICIDAD

El papel desempeñado por la electroestimulación en la elasticidad muscular (evaluada empíricamente por la diferencia CMJ-SJ) nos ha conducido a estudios más precisos.

Experimento sobre la evolución de la diferencia CMJ-SJ durante un ciclo de electroestimulación

Se trata de hacer trabajar a un grupo en electroestimulación a razón de 3 sesiones de 8 min. por semana durante 2 semanas. Para evaluar la elasticidad, los sujetos efectúan cada 2 días los tests de SJ y de CMJ. Han continuado la evaluación durante 1 semana después de haber eliminado el trabajo de electroestimulación (estimulación del cuádriceps).

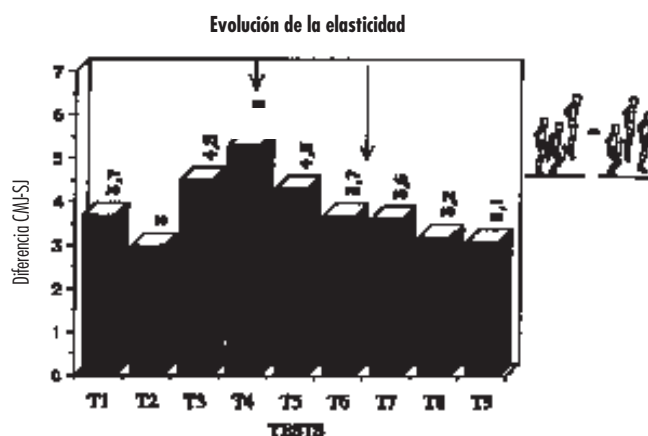


Figura 262. Evolución de la diferencia CMJ-SJ en el curso de un ciclo de electroestimulación (Barbe, Cometti).

- 1 test cada 2 días (18 días).
- 1.º flecha, diferencia máxima (3er test = 6 días).
- 2.º flecha, parada de la electroestimulación.

En la figura 262 se deja constancia de que la diferencia es máxima al cabo de 6 días de trabajo (3 sesiones de electroestimulación): es interesante tenerlo en cuenta con vistas a la preparación de una competición, por ejemplo.

Papel de la sobrecarga en el trabajo de electroestimulación

La idea de este experimento era comprobar la reacción del atleta en los tests con sobrecarga antes y después del entrenamiento con electroestimulación.

Según las primeras impresiones la electroestimulación hace el músculo más "rígido", lo que se traduce a menudo por una disminución de la diferencia CMJ-SJ. Se puede entonces pensar que para preservar esta diferencia es necesario entorpecer al sujeto en el CMJ. Así el músculo más rígido sometido a una sobrecarga podrá experimentar una mejora de elasticidad. El experimento consiste en valorar a los sujetos en el SJ y el CMJ con cargas de 0, 5, 10, 15 y 20 kg (y efectuar cada vez la diferencia CMJ-SJ). Los sujetos fueron sometidos a 6 sesiones de electroestimulación en 2 semanas (mismo protocolo que antes). En la figura 263 se observa que la diferencia CMJ-SJ ha disminuido notablemente para las cargas de 0, 5 y 10 kg, mientras que ha aumentado para las cargas de 15 a 20 kg.

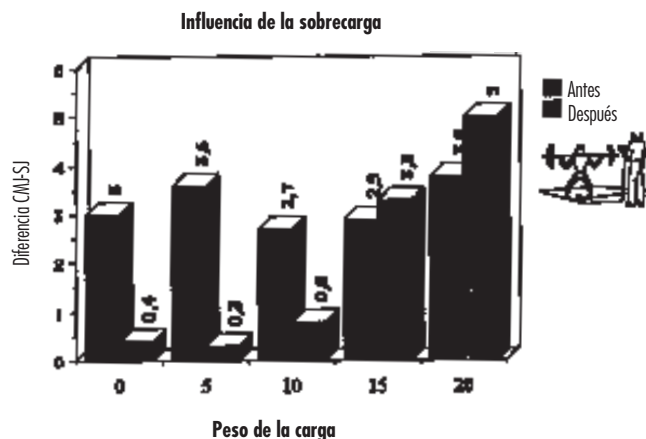


Figura 263. Diferencia CMJ-SJ con sobrecarga (antes y después de un ciclo de electroestimulación) (según Dubots, Cometti, 1988).

LA ELECTROESTIMULACIÓN Y LOS MÚSCULOS DE LA PARTE SUPERIOR DEL CUERPO

- EJEMPLO DEL JUDO (Capitaine, Cometti).

Músculos estimulados

Hemos entrenado por electroestimulación el pectoral mayor y el dorsal largo. La figura 264 muestra la disposición de los electrodos.

Protocolo

Se han constituido 2 grupos de 7 sujetos:

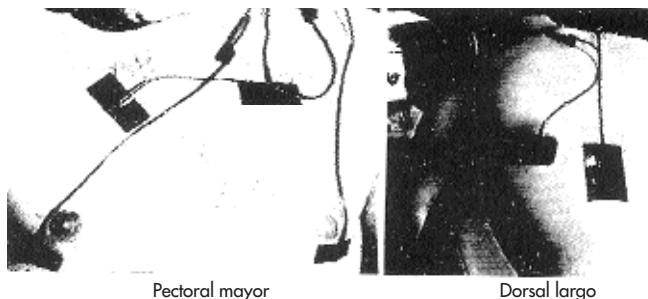


Figura 264. Disposición de los electrodos para el pectoral mayor y el dorsal largo.

- Un grupo de control se entrena 3 veces semanales de forma tradicional.
 - Un grupo experimental se entrena 3 veces por semana en electroestimulación a razón de 10 min. de estimulación por músculo.
- El experimento duró 3 semanas.

Tests

Hemos efectuado 5 tests:

1. Extensiones acostado (press de banca).
2. Test de máquina de pectorales.
3. Tracción en polea baja.
4. Tracción en barra fija (dominadas).
5. Tracción en polea alta.

Resultados

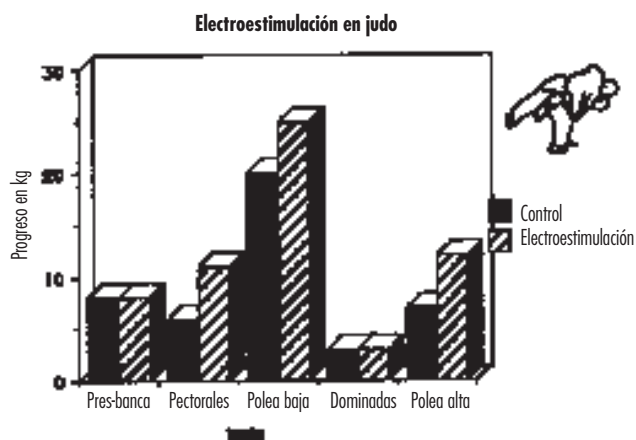


Figura 265. Resultados de los tests en los 2 grupos (según Capitaine y Cometti, 1988).

Conclusión

Los resultados muestran una ventaja del trabajo por electroestimulación. En el caso de los deportes de combate la electroestimulación representa, según nuestra opinión, un complemento interesante.

Se comprueba en la figura que todos los tests han progresado. En 2 tests (press de banca y dominadas) los dos grupos han pro-

gresado de la misma forma. En los otros 3 (pectorales, polea baja y polea alta) el grupo experimental progresó sensiblemente más que el grupo de control.

LA ELECTROESTIMULACIÓN DE LOS MÚSCULOS ABDOMINALES

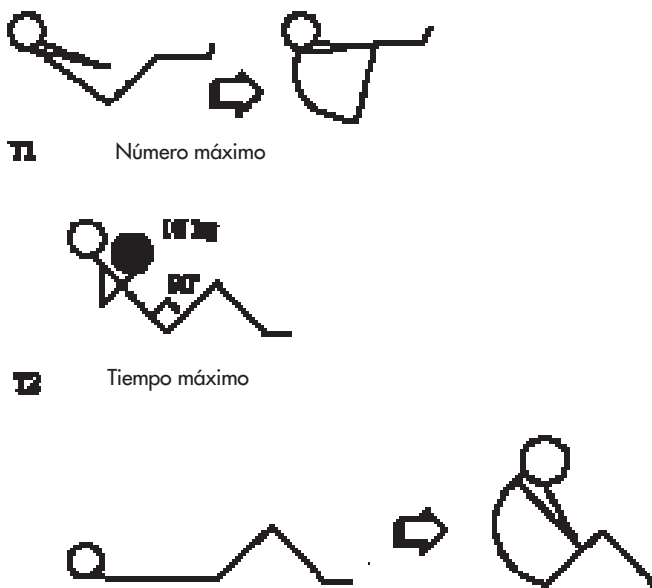
Se trata solamente de un pequeño grupo (3 sujetos), por lo cual seremos prudentes en el plano experimental; sin embargo, la utilización de la electroestimulación para la musculatura abdominal es tan eficaz que nos pareció importante mencionarlo.

Posición de los electrodos



Figura 266. Posición de los electrodos en los músculos abdominales.

Tests



T3 Máximo en 15 segundos.

Figura 267. Los tests.

- Un test sobre el número máximo de repeticiones (flexión del tronco sobre las rodillas).
- Un test isométrico (mantener la posición el mayor tiempo posible).
- Un test de velocidad (número de movimientos en 15 seg.).

Resultados

La figura 268 muestra los progresos realizados al término de 7 sesiones de estimulación de 10 min. repartidas en 15 días.

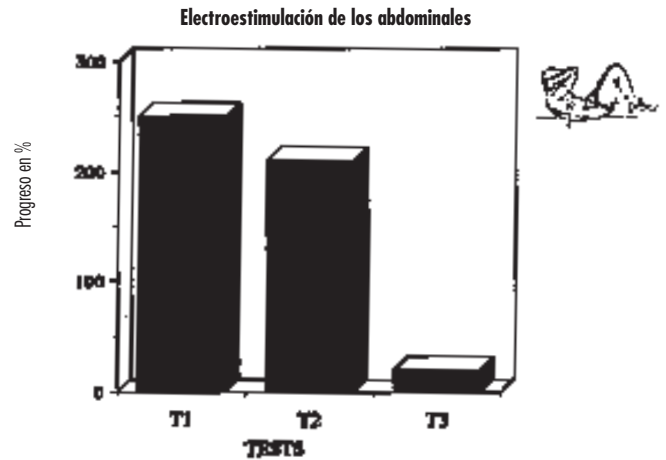


Figura 268. Resultados de los tests del entrenamiento de 7 sesiones de 10 min. de estimulación de 10 min. de los músculos abdominales.

CONCLUSIONES SOBRE LA ELECTROESTIMULACIÓN

Para ser eficaz en electroestimulación se puede jugar con los siguientes parámetros.

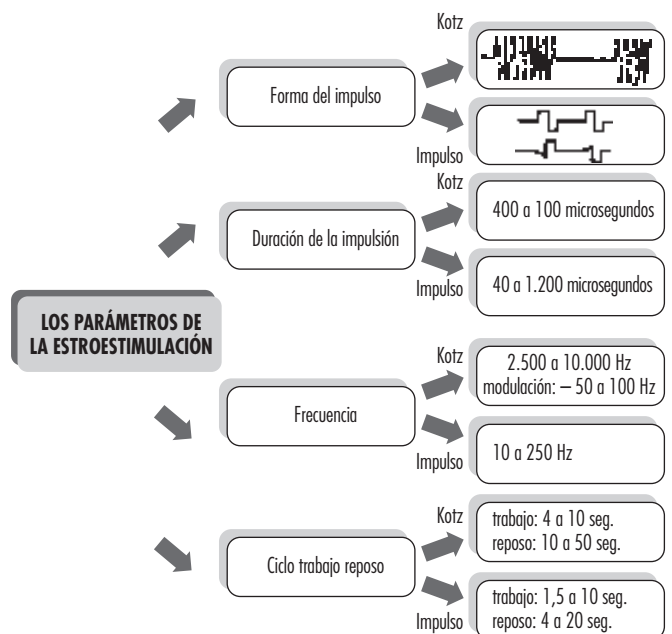


Figura.269. Los diferentes parámetros que se puede hacer variar en el trabajo de electroestimulación.

El estudio de estos diferentes aspectos podrá en el futuro decirnos si uno puede esperar tener una acción selectiva sobre el tipo de fibras o sobre la masa muscular. Parece que la duración y la frecuencia de los impulsos son parámetros determinantes a este respecto.

Bases fisiológicas de la contracción por electroestimulación

LA ESTIMULACIÓN

Una cuestión importante consiste en saber si se estimula el músculo directamente o la estimulación pasa por el nervio. Enoka (1988) es extremadamente categórico a tal efecto: la estimulación pasa por el nervio. En efecto el músculo es mucho menos excitable que el nervio. Las intensidades necesarias para la estimulación de un músculo denervado son netamente superiores. La estimulación eléctrica pasa entonces por las fibras nerviosas (Hulman y cols., 1983; Mortimer, 1984; Moulds y cols., 1977).

EL RECLUTAMIENTO DE FIBRAS

Se tendería a pensar que la ley de Henneman se aplica a la contracción "inducida". Nada de eso. Enoka (1988) piensa que el fenómeno del reclutamiento de fibras es totalmente diferente en el caso de una estimulación eléctrica. Las unidades motoras de las motoneuronas que tienen los diámetros más gruesos son reclutadas en primer lugar. Se trata, pues, de unidades motoras rápidas.

Hemos visto que en la contracción voluntaria las unidades motoras lentas intervienen en primer lugar. Para apoyar esta hipótesis Enoka (1988) da tres argumentos:

- Diámetro de las motoneuronas.
- Distancia entre el electrodo activo y la motoneurona.
- Efecto de la activación de los receptores cutáneos.

a) Diámetro de las motoneuronas

Las motoneuronas más gruesas tienen el umbral de activación más bajo con la estimulación eléctrica (Claman y cols., 1974; Eccles y cols., 1958). Si se envía una corriente eléctrica las motoneuronas de gran tamaño son reclutadas primero, lo cual constituye el fenómeno inverso de lo que pasa en la contracción voluntaria.

b) La distancia

Esto se refuerza por el principio anatómico que dice que las unidades motoras cuyos axones son más gruesos se disponen en la superficie del músculo (Lexell y cols., 1983). La distancia en relación con el electrodo activo es entonces más corta.

c) Los receptores cutáneos

Finalmente, la sensación inhabitual producida por la estimulación activa los receptores cutáneos. Si esta activación es suficiente, puede invertir el orden de reclutamiento de las motoneuronas (Burke y cols., 1970; Garnet y Stephens, 1981; Kanda y cols., 1977; Stephens y cols., 1978).

Este principio de reclutamiento de fibras por electroestimulación es evidentemente muy interesante para el entrenamiento deportivo.




BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA ELECTROESTIMULACIÓN





- ALMELINDERS, L.C., (1984): Transcutaneous muscle stimulation for rehabilitation, *The Physician and Sportsmedicine*, 12, (3), 118-124.
- AMIRA EL TOHAMY, SEDEWICK, E.M., (1983): Spinal inhibition in man: depression of the soleus H reflex by stimulation of the nerve to the antagonist muscle, *Journal of Physiology*, 337, 497-508.
- ANDRIANOVA, G.G.; KOTZ, J.M.; MARTJANOW, W.A.; CHWILON, W.A., (1974): Die Anwendung der Electrostimulation für das Training der Muskelkraft, *Leistungsport*, 2, 138-142.
- ALON, G.; ALLIN, J. AND INBAR, G. (1983): Optimization of pulse duration and pulse charge during transcutaneous electrical nerve stimulation. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 29 (6), 195-201.

- ALON, G.; BOSWORTH, R.A.; BURGWIN, K.C.; KOUTSANTONIA, S.; MCCOMBE, S.A.; PARENT, M.M. AND STUMPHAUZER, L.J. (1985): Comparison of the effect of electrical stimulation and exercise on the abdominal musculature, *Physical Therapy*, 65 (5), 683.
- ANZIL, F.; MODOTTO, P.; ZANON, S. (1975): Erfahrungsbericht über die Vermerkung der isometrischen maximalen Muskelkraft durch Zusätzliche Elektrostimulation und die Kriterien ihrer Anwendung in Sport, *Aletica leggera*, 150, 33-36.
- AVON, G.; PORTMANN, M., (1978): Entraînement par Electrostimulation d'un joueur de volleyball (données non publiées).
- BELLEMARE, F.; WOODS, J.J.; JOHANSSON, R. AND BIGLAND-RITCIE, B. (1983): Motor unit discharge rates in maximal voluntary contractions of 3 human muscles, *Journal of Neurophysiology*, 50 (6), 1.380-1.392.

- BIRNBAUM, A.; ASHBY, P., (1982): Postsynaptic potentials in individual soleus motoneurons in man produced by achilles tendon taps and electrical stimulation of tibial nerve. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiology*, 54, (4), 469-471.
- BOUTELLE, D.; SMITH, B. AND MALONE, T., (1985): A strength study utilizing the Electrostim 180, *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 7 (2), 50-53.
- BROWN, W.E.; SALMONS, S.; WHALEN, R.G., (1983): The sequential replacement of myosin subunit isoforms during muscle type transformation induced by long term electrical stimulation, *Journal of Biological Chemistry*, 258, (23), 14.686-14.692.
-  CABRIC, M.; APELL, H.J., (1987a): Effect of electrical stimulation of high and low frequency on maximum isometric force and some morphological characteristics in men, *International Journal of Sports Medicine*, 8, 256-260.
- CABRIC, M.; APELL, H.J. AND RESIC, A., (1986): Effect of electrical stimulation of different frequency on the myonuclei and fiber size in human muscle, *International Journal of Sport Medicine*, 8, 323-326.
- CHASIOTIS, D.; ESTRIM, L.; SAHLIN, K.; SJOHOLM, H., (1985): Activation of glycogen phosphorylase by electrical stimulation of isolated fast-twitch and slow-twitch muscles from rat, *Acta Physiologica Scandinavica*, 123, (1), 43-47.
- CLAMAN, H.P.; GILLIES, J.D.; SKINNER, R.D., AND HENNEMAN, E., (1974): Quantitative measures of output of a motoneuron pool during monosynaptic reflexes, *Journal of Neurophysiology*, 37, 1.328-1.337.
- COLEMAN, E.A. (1969): Effect of unilateral isometric and isotonic contractions on the strength of the contro-lateral limb, *Research Quarterly*, 40, 490-495.
- COMMANDRE, F.; SANTIAGO, G.; BISHOP, G.; CLAPAREDE, PH., (1976): Electrostimulation, *Médecine du sport*, 6, 328, 333.
- COX, A.M.; MENDRYK, S.W.; KRAMER, J.F.; UNKA, S.M., (1986): Effect of electrode placement and rest interval between contractions on isometric knee extension torques induced by electrical stimulation at 100 hz, *PhysiotherapyCanada*, 38, (1), 20-27.
- CREPON, F., (1984): Les coirants Electriques, *Notions d'électrothérapie*, 3-15.
- CURRIER, D.P. AND MANN, R., (1983): Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals, *Physical Therapy*, 63 (6), 915-921.
- CURRIER, D.P.; LEHMAN, J. AND LIGHFOOT, P. (1979): Electrical stimulation in exercise of the quadriceps femoris muscle, *Physical therapy*, 59 (12), 1.508-1.512.
- CURRIEL, D.P. ; PETRILLI, C.R.; THRELKELD, A.J., (1986): Effect of graded electrical stimulation on blood flow to healthy muscle, *Physical Therapy*, 66, (6), 937-943.
- CURWIN, S.; STANISH, W.D. AND VAILLANT, G. (1980): Clinical applications and biological effects of high frequency electrical stimulation, *Canadian Athletic Trainer Association journal*, 6, 15-16.
- DAVIES, C.T.M.; DOOLEY, P.; MCDONAGH, M.J.N.; WHITE, M.J. (1985): Adaptation of mechanical properties of muscle to high force training in man, *Journal of Physiology*, 365, 277-284.
- DAVIES, C.T.M.; STARKIE, D.W. (1985): The pressor response to voluntary and electrical evoked isometric contractions in man, *European Journal of applied Physiology and occupational Physiology*, 53, (4), 359-363.
- DAVIES, C.T.M.; WHITE, M.J. (1983): Contractile properties of elderly human triceps surae, *Gerontology* (Basel), 29, (1), 19-25.
- DAVIES, C.T.M.; WHITE, M.J. (1983): Effect of dynamic exercise on muscle function in elderly, aged 70 years, *Gerontology* (Basel), 29, (1), 26-31.
- DAVIES, C.T.M.; WHITE, M.J.; YOUNG, K.: Electrically evoked and voluntary maximal isometric tension in relation to dynamic muscle performance in elderly male subjects aged 69 years, *European Journal of Applied Physiology and occupational physiology*, 51, (1), 37-43.
- DAVIES, C.T.M.; WHITE, M.J.; YOUNG, K. (1983): Muscle function in children, *European Journal of applied physiology and occupational physiology*, 52, (1) 111-114.
- DECORTE, L.; EMONET DENAND, F.; HARKER, D.W.; JAMI, L.; LAPORTE, Y. (1984): Glycogen depletion elicited in tenuissimus infrapsoas muscle fibers by stimulation of static gamma axons in the cat. *Journal of Physiology*, 346, 341-352.
- DE DOMENICO, G. (1985): *International Therapy Theory and Clinical Applications*, Reid Medical Books, Sidney.
- DE DOMENICO, G. AND STRAUSS, G.R. (1985): Motor stimulation with interferential currents, *The Australian Journal of Physiotherapy*, 30, (6) 225-230.
- DE DOMENICO, G. AND STRAUSS, G.R. (1986): Maximum torque production in the quadriceps femoris muscle group using a variety of electrical-stimulators, *The Australian Journal of Physiotherapy*, 31 (1) (inpress).
- DIVIETI, L. AND SALICE, F. (1983): Threshold characteristics for sinusoidal electrical stimulation, en *Proceeding Third Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering*, Portoroz, p. 3.9.
- DOOLEY, P.; MCDONAGH, M.J.N.; WHITE, M.J. (1983): Training using involuntary electrically evoked contractions does not increase voluntary strength (abstract), *Journal of Physiology*, 346, 61.
- DUCHATEAU, J.; HAINAUT, K. (1984): Training effects on muscle fatigue in man, *European Journal of applied Physiology*, 53, 248-252.
- DUCHATEAU, J.; HAINAUT, K. (1985): Electrical and mechanical failures during sustained and intermittent contractions in humans, *Journal of applied Physiology*, 58, 942-947.
- DUCHATEAU, J.; HAINAUT, K. (1988) Training effects of sub-maximal electrostimulation in a human muscle, *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 20, (1), 99-104.
- DUMOULIN, J.; BISSCHOP, G.: Rappel de physiologie musculaire, *Electromyographie et Electrodiagnostique*, chap, 1, 1-50.
- ECCLES, J.C.; ECCLES, R.M. AND LUNDBERG, A. (1958): The action potentials of the alpha motoneurons supplying fast and slow muscles, *Journal of Physiology*, 142, 275-291.
- EDSTROM, L. (1970): Selective atrophy of red muscle fibers in the quadriceps in long standing knee joint dysfunction injuries to

- the anterior cruciate ligament, *Journal of the Neuronal Sciences*, 11, 551-558.
- EDWARDS, R.H.T.; HILL, D.K. AND JONES, D.A. (1975): Heat production and chemical changes during isometric contractions of the human quadriceps muscle, *Journal of Physiology*, 251 (2), 303-315.
- EERBEEK, O.; KERNELL, D.; VERHEY, B.A. (1984): Effect of fast and slow pattern of tonic long term stimulation on contractile properties of fast muscle in the cat, *Journal of Physiology*, 352, 73-90.
- EICHBORN, K.F.; HOSEMAN, G.; HOSEMAN, W.; SCHUBERT, W.; SPRENG, M.; STEHR, K, WENZEL, D. (1983): Electrotherapie dans les paralysies flasques, *Biomedizinischetechnik*, 28, 48-58
- EISENBERG, B.R.; BROWN, J.M.C.; SALMONS, S. (1984): Restoration of fast muscle characteristics following cessation of chronic stimulation: the ultrastructure of slow to fast transformation, *Cell and Tissue Reseach*, 238 (2), 221-230.
- EISENBERG, B.R.; SALMONS, S. (1980): Sterological analysis of sequential ultrastructural changes in adaptative response of fast muscles to chronic stimulation, *Muscle Nerve*, 3, 277.
- ENOKA, R.M. (1988): Muscle strength and its development: new perspective, *Sports Medicine*, 6, 146-168.
- ERIKSSON, E. (1976): Sports injuries of the knee ligaments: their diagnosis, traitment, rehabilitation, and prevention, *Medicine and Sciences in sports*, 8 (3), 133-144.
- ERIKSSON, E. AND HAGGMARK, T. (1979): Comparison of isometric muscle training and electric stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery, *American journal of sports medicine*, 7, 169-171.
- ERIKSSON, E.; HAGGMARK, T.; KIESSLING, L.H. AND KARLSSON, J. (1981): Effect of electrical stimulation on human muscle, *International journal of Sports Medicine*, 2, 18-22.
- FAHEY, T.D.; HARVEY, M.; SCHROEDER, R.V. AND FERGUSON, F. (1985): Influence of sex differences and knee joint position on electrical stimulation modelated strength increases, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17 (1), 144-147.
- GODFREY, C.M.; JAVAWARDENA, H.; QUANCE, T.A. AND WELSH, P. (1979): Comparison of electrostimulation and isometric exercise in strengthening the quadriceps muscle, *Physiotherapy Canada*, 31 (5), 265-267.
- GOUBEL, F. ET VAN HOECKE (1982): Biomécanique et geste sportif: Incidence des propriétés mécaniques du muscle sur la réalisation de la performance, *Cinésiologie*, XXI, 41-51.
- GOULD, N.; DONNERMEYER, D.; GAMMON, C.G.; POPE, M. AND ASHIKAGA, T. (1983): Transcutaneous muscle stimulation to retard disuse atrophy after open meniscectomy, *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 178, 190-197.
- GREATHOUSE, D.G.; NITZ, A.J.; MATULIONIS, D.H.; CURRIER, D.P. (1986): Effect of short-term electrical stimulation on the ultrastructure of rat skeletal muscles, *Physical Therapy*, 66 (6), 946-953.
- HALBACH, J.W. AND STRAUS, D. (1980): Comparison of electromyostimulation to isokinetic training in increasing power of the knee extensor mechanism, *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 2 (1), 20-24.
- HALKJAER-KRISTENSEN, J.; INGEMANN-HANSEN, T. (1983): Wasting and training the human quadriceps during the treatment of knee ligament injuries, *Scandinavian Journal of Rehabilitation medicine*, 13, (3), 4-20.
- HOUSTON, M.E. (1983): Effect of electrical stimulation on skeletal muscle of injured and healthy athletes, *Canadian journal of applied sport sciences*, 8, 49-51.
- HOWALD, H. (1982): Training induced morphological and functional changes in skeletal muscle, *International Journal of Sport medicine*, 3, 1-12.
- HOWALD, H. (1984): Transformations morphologiques et fonctionnelles des fibres musculaires, provoquées par l'entraînement, *Revue médicalesSuisseRomande*, 104, 757-769.
- HRCKA, J. (1970): Nouvelle possibilité d'augmentation de la force et du tonus musculaire, *Tudomanyos Kizlemanyek*, 2, 419-421.
- HUDLICKA, O.; TYLER, K.R. (1979): Importance of different patterns of frequency in the development of contractile properties and histochemical characteristics of fast skeletal muscle, *Journal of Physiology*, 301, 10-11.
- HUDLICKA, O, TYLER, K.R. (1984): The effect of long term high frequency stimulation on capillary density and fiber types in rabbit fast muscles, *Journal of Physiology*, 353, 435-445.
- HUDLICKA, O.; TYLER, K.R.; SRIHARI, T.; HELIG, A.; PETTE, D. (1982): The effect of different patterns of long term stimulation on contractile properties and myosin light chains in rabbit fast muscles, *Pflueger Archiv*, 393, 164-170.
- HULMAN, E.; SJOHOLM, H. (1983): Electromyogram, force and relaxation times during and after continuous electrical stimulation of human skeletal in situ, *Journal of physiology*, 339, 33-40.
- HULMAN, E.; SJOHOLM, H. (1983): Energy metabolism and contraction force of human skeletal muscle in situ during electrical stimulation, *Journal of physiology*, 345, 525.
- HULMAN, E.; SJOHOLM, H.; JAERDERHOLM, E.K.I, KRYNICKI, J. (1983): Evaluation of methods for electrical stimulation of human skeletal muscle in situ, *Pfluegers Archiv*, 398, (2), 139-141.
- HULTMAN, E.; SPRIET, LL. (1986): Skeletal muscle metabolism, contraction force and glycogen utilisation during prolonged electrical stimulation in human, *Journal of Physiology*, 374, 493-501.
- HYMES A.C.; RAAB, D.E. AND YONEHIRD, E.G. (1974): Acute pain control byelectrostimulation: a preliminary report, *Advances in Neurology*, 4, 761-767.
- IKAI, M.; YABE, K. AND LISCHII, K. (1967): Muskelkraft und muskulare Ermudung bei wilkorficher anspannungelectricser Reizung des Muskels, *Sportartz und Sportmend*, 5, 197-204.
- IKAI, M. AND FUKUNAGA, T. (1968): Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic requirements, *European Journal of Applied Physiology*, 26, 26-32.
- JOHNSON, D.H.; THURSTON, P. AND ASHCROFT, P.I. (1977): The Russian technique of faradism in the treatment of chondromalacia patellalae *Physiotherapy Canada*, 29 (5), 266-268.
- JONES, D.A.; BIGLAND-RITCHIE, B. AND EDWARDS, R.H.T. (1979): Excitation frequency and muscle fatigue: Mechanical responses

- during voluntary and stimulated contractions, *Experimental Neurology*, 64, 401-413.
- KENNETH, L.; KNIGHT, P.H.D. (1980): Electrical muscle stimulation during immobilisation, *The Physician and Sportmedicine*, 8, (2), 147.
- KERNELL, D.; EERBEEK, O.; VERHEY, B.A. (1983): Motor unit categorisation on basis of contractile properties: an experimental analysis of composition of the cat's M. Peroneus longus, *Experimental Brain-Research*, 50, 2-3, 211-219.
- KERNER, J.; BIEBER, LL. (1983): The effect of electrical stimulation, fasting and anesthesia on the carnitine (s) and anesthesia on the rat white and red skeletal muscle fibers, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 75, (2) 311-316.
- KNIGHT, K.L. (1980): Electrical muscle stimulation during immobilization, *Physician and Sport medicine*, 8, (2) 147.
- KOTZ, Y.M. (1971): Amélioration de la force musculaire par stimulation Electrique, *Revue soviétique théorie et pratique de la culture physique*, 3-4, traduction Spivak, document Ins.
- KOTZ, Y.M. (1974): Eine Methode zur komplexen Therapie und Prophylaxe vontraumatischen Erkrankungen bei Sportlern, *Leistungssport*, 2, 147-150.
- KRAMER, J. AND MENDRYK, S.W. (1982): Electrical stimulation as a strength improvement technique: a review. *The Journal of Orthopedic and sports physical Therapy*, 4 (2), 91-98.
- KRAMER, J.; LINDSAY, D.; MAGEE, D.; MENDRYK, S. AND WALL, T. (1984): Comparison of voluntary and electrical stimulation contraction torques, *The Journal of Orthopedic and Sports physical Therapy*, 5 (6), 324-331.
- KRAMER, J.F.; WESSEL, J. (1985): Electrical activity and torque following electrical stimulation and voluntary contractions of quadriceps, *Physiotherapy Canada*, 37 (5), 283-287.
- LAINY, C.G.; WALMSLEY, R.P. AND ANDREW, G.M. (1983): Effectiveness of exercise plus electrical stimulation in strengthening the quadriceps muscle, *Physiotherapy Canada*, 35 (1), 5-11.
- LAUGHMAN, R.K.; YODAS, J.W.; GARRET, T.R. AND CHAO, E.Y.S. (1983): Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as a result of electrical stimulation, *Physical Therapy*, 63 (4), 494-499.
- LLOD, T.; DE DOMENICO, G.; STRAUSS, G.R.; SINGER, K. (1986): A review of the use of electro-motor stimulation in human muscles, *The Australian Journal of Physiotherapy*, 32 (1), 18-29.
- LOMO, T.; WESTGAARD, R.H.; DAHL, H.A. (1974): Contractile properties of muscle: control by pattern of muscle activity in the rat, *Proc. Roy. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 187, 99-103.
- LUJ, H.I. AND CURRIER, D.P. (1985): Minimum number of repetitions for augmenting the tension developing capacity of muscle by electrical stimulation, *Physical Therapy*, 65 (5), 683.
- LYSENS, R. (1983): Elektrostimulation als Muskelkrafttraining, *Leichtathletik*, 34, (1), 15-17.
- LYSENS, R.; VANDEN EYNDE, E. (1984): Die Anwendung der Elektrostimulation für das Training der isometrischen Muskelkraft, *Leichtathletik*, 34 (1), 17-18.
- MASSEY, B.H.; NELSON, R.C.; SHARKEY, B.C. AND COMDEN, T. (1965): Effect of high frequency electrical stimulation on the size and strength of skeletal muscle, *Journal of Sports Medecine and Physical Fitness*, 5, 136-144.
- MASTRI, C.; SALMONS, S.; THOMAS, G.H. (1980): Early biochemical events in response of skeletal muscle to long-term electrical stimulation, *Muscle nerve*, 3, 276-277.
- MCDONAGH, M.J.N.; WHITE, M.J.; DAVIES, C.T.M. (1984): Different effects of ageing on the mechanical properties of human arm and leg muscles, *Gerontology (Basel)*, 30 (1), 49-54.
- MCMIKEN, D.F.; TODD-SMITH, M.; AND THOMPSON, C. (1983): Strengthening of human quadriceps muscles by cutaneous electrical stimulation, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 15, 25-28.
- MOHR, T.; CARLSON, B.; SULENTIC AND LANDRY, R. (1985): Comparison of isometric exercise and high volt galvanic stimulation of quadriceps femoris muscle strength, *Physical therapy*, 65, 606-609.
- MORITANI, T.; MURO, M.; KIJIMA, A. (1985): Electromechanical changes during electrically induced and maximal voluntary contractions: electrophysiologic responses of different muscle fiber types during stimulated contractions, *Experimental Neurology*, 88 (3) 471-483.
- MORITANI, T.; MURO, M.; KIJIMA, A.; GAFFNEY, F.A.; PARSONS, D. (1985): Electromechanical changes during electrically voluntary contractions: surface and intramuscular EMG responses during sustained maximal voluntary contraction, *Experimental neurologie*, 88, (3), 484-499.
- MORTIMER, J.T. (1984): Motor prostheses, en Brook (ed.) *Handbook of physiology, section 1: the nervous system, vol. II, Motor control, Part I, American Physiological society, Bethesda.*
- MOULDS, R.F.W.; YOUNG, A.; JONES, D.A. AND EDWARDS, R.H.T. (1977): A study of the contractility, biochemistry and morphology of an isolated preparation of human skeletal muscle, *Clinical Science and molecular Medicine*, 52, 291-297.
- MUIR, R.B.; LEMON, R.N. (1983): Antidromic excitation of motoneurons by intramuscular electrical stimulation, *Journal of Neurosciences Methods*, 8 (1), 73-86.
- MUNSAT, T.L.; MCNEAL, D.; WATERS, R. (1976): Effect of nerve stimulation on human muscle, *Arch neurology*, 33, 608,617.
- NIX, W.A.; HOPF, H.C. (1983): Electrical stimulation of generating nerve and its effect on motor recovery, *Brain Research*, 272, (1) 21-25.
- NIX, W.A.; REICHMANN, H.; SCHRODER, M.J. (1985): Influence of direct low-frequency stimulation on contractile property of denervated fast-turch rabbit muscle, *Pflueger Archiv*, 405 (2), 141-147.
- NOËL, G.; BELANGER, A.Y. (1987): Relation entre la force maximale volontaire, force tétanique et douleur lors de l'electrostimulation du quadriceps femoris, *Physiotherapy Canada*, 39 (6), 377-383.
- O'DANOVAN, M.J.; HOFFERM J.A.; LOEB, G.E. (1983): Physiological characterisation of motor unit properties in intact cats, *Journal of Neuroscience Methods*, 7 (2), 137-149.
- PETTE, D.; HEILMAN, C.; MÜLLER, W. (1980): Transformation of sarcoplasmic reticulum in fast rabbit muscles, *Muscles Nerve*, 3, 276.

- OWENS, J.; MALONE, T. (1983): Treatment parameters of high frequency electrical stimulation as established on the electrostim 180, *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 4, (3) 162-168.
- PETTE, D.; SMITH, M.E.; STANOTTE, H.W.; VROBA, G. (1973): Effect of long term electrical stimulation of some contractile and metabolic characteristics of fast rabbit muscles, *Pfluegers Arch.*, 338.
- PETTE, D.; TYLER, K.R. (1983): Response of succinate deshydrogenase activity in fibers of rabbit tibialis anterior muscle to chronic nerve stimulation, *Journal of Physiology*, 338, 1-9.
- POCKET, S.; PYGOTT, V. (1982): Chronic nerve stimulation increases quantal output in rat muscles, *Experimental Neurology*, 78 (2), 477-480.
- PORTMANN, M. (1976): L'entraînement par électrostimulation, *Trente pour Cent*, 3 (6).
-  PORTMANN, M. (1980): Electromyostimulation, en *Physiologie appliquée de l'activité physique*, par Nadeau, M. et Peronnet, F. et coll., 255-258, Edition Vigot: Paris.
- PORTMANN, M. (1985): L'électrostimulation comme moyen d'amélioration rapide de la force musculaire chez les sportifs et les non-sportifs, *conférence au congrès de la fédération de médecins omnipraticiens du Québec*, Montréal 16-17 mai 1985.
- REICHMAN, H.; HOPPELER, H.; MATHIEU COSTELLO, O.; VAN BERGEN, F.; PETTE, D. (1985): Biochemical and ultrastructural changes of skeletal muscle-mitochondria after chronic electrical stimulation in rabbits, *Pfluegers Archiv*, 404 (1), 1-9.
- RIDGE, R.M.A.P.; BETZ, W.J. (1984): The effect of selective, chronic stimulation on motor unit size in developing rat muscle, *Journal of Neurosciences*, 4 (10), 2.614-2.620.
- SALMONS, S.; SRETER, F.A. (1976): Significance of impulse activity in the transformation of skeletal muscle type, *Nature*, 263 (2), 30-34.
- SCHMIDBLEICHER, D. ET HARALAMBIE, G. (1981): Changes in contractile properties of muscle after strength training in man, *European journal of applied Physiology*, 46, 221-228.
- SCOTT, O.M.; VROBA, G.; HYDE, S.A.; SUBOWITZ, V. (1985): Effect of chronic low frequency electrical stimulation on normal human tibialis anterior muscle, *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 48 (1), 774-781.
- SELKOVITZ, D.M. (1978): Improvement in isometric of the quadriceps femoris following training with electrical stimulation, *Thesis, Boston University*, Sargent College of allied health professions.
- SPRIET, LL.; SÖDERLUNG, K.; BERGSTRÖM, M.; HULTMAN, E. (1987): Anaerobic energy release in skeletal muscle during electrical stimulation in men, *Journal of Applied Physiology*, 62 (2), 611-615.
- SPRIET, LL.; SÖDERLUNG, K.; BERGSTRÖM, M.; HULTMAN, E. (1987): Skeletal muscle glycogenolysis, glycolysis, and pH during electrical stimulation in men, *Journal of applied Physiology*, 62 (2) 616-621.
- STANISH, W.D.; VALIANT, G.A.; BONEN, A.; BELCASTRO, A.N. (1982): The effect of Immobilisation and electrical stimulation on muscle glycogen and myofibrillar ATPase, *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 7 (4), 267-271.
- STEFANOVA, A.; VODOVNIK, L. (1985): Change in muscle force following electrical stimulation, *Scandinavian Journal of rehabilitation Medicine*, 17, 141-146.
- ST PIERRE, D.; TAYLOR, A.W.; LAVOIE, M.; SELLERS, W.; KOTZ, Y.M. (1986): Effect of 2.500 Hz current on fibres area and strength of the quadriceps femoris, *Journal of Sport Medicine and physical Fitness*, 26n (1), 60-66.
- STRAUSS, G.R.; DE DOMENICO, G. (1986): Torque production in human upper and lower limb muscles with voluntary and electrically stimulated contractions, *The Australian Journal of Physiotherapy*, 32 (1), 38-49.
- TARKKA, I.M. (1986): Changes in the probability of firing motor units following electrical stimulation in human limb muscles, *Acta Physiologica Scandinavica*, 126 (1), 61-65.
- VANDEWALLE, H.; PERES, G.; FLOURET, A.; (1984): Etude de la contractilité du muscle triceps sural par l'enregistrement de la secousse maximale, *Cinésiologie*, XXIII, 229-234.
- VIANI, J.L. (1975): Entraînement isotonique par excitation électrique: un cas de surmenage et d'incidents, *Médecine du sport*, 49, 139-141.
-  WIT, A.; KOPANSKI, R.; KLEPACKI, S.; JASZCZUK, J. (1985): Parameters of stimulating current, *Biology of Sport*, 2 (1), 17-26.
- WOLF, S.L.; ARIEL, G.B.; SAAR, D.; PENNY, M.A.; RAILEY, P. (1986): The effect of muscle stimulation during resistive training on performance-parameters, *The American Journal of Sport Medicine*, 14 (1), 18-23.
- ZELASCHI, F.; MAINI, M.; FELICETTI, G.; VARALDA, E.; MATTI, A. (1985): Iptrophia muscolare: il supporto della elettroginnastica nel training di trattamento confronto fra l'azione della electrostimolazione muscolare ad alta frequenza e quella faradica, *La Riabilitazione*, 18 (3) 183, 191.

ALTERNANCIA DE LOS TIPOS DE CONTRACCIÓN

La descripción de los diferentes tipos de contracción no debe incitarnos a privilegiar tal o cual tipo de contracción. La filosofía general del entrenamiento moderno reside en la noción de la alternancia. Esta noción está muy debatida a nivel del "terreno", pero se ha explorado igualmente en las actuales investigaciones científicas.

DATOS EXPERIMENTALES Hakkinen y Komi (1981)

El experimento se ha realizado con 2 poblaciones:

ESTUDIO EN HALTERÓFILOS

- 13 atletas han participado en el entrenamiento:
- 7 atletas han trabajado esencialmente en concéntrico con cargas del 70 al 100%.
 - 6 atletas han integrado un 25% de trabajo excéntrico en su entrenamiento con cargas del 100 al 130%. El resto del trabajo fue ejecutado en concéntrico.

Resultados

Después de las 12 semanas que duró el experimento los grupos han mejorado sus resultados en arrancada de forma significativa sin diferencia considerable entre los dos grupos. Por el contrario, en hombros-tirón el grupo "excéntrico" mejoró sus resultados en un 13,5% contra un 5,7% del grupo "concéntrico". La diferencia se advierte significativa.

ESTUDIO EN ATLETAS QUE PRACTICAN MUSCULACIÓN

La segunda población comprende atletas (27) que practican la musculación sin participar en competiciones.

Hakkinen y cols. han constituido 3 grupos que entrenan esencialmente en squat y en press de banca.

- El grupo C trabaja únicamente en concéntrico con cargas del 80 al 100%.
- El grupo D efectúa 50% de la sesión en concéntrico y 50% en excéntrico.
- El grupo E se entrena un 75% en excéntrico y un 25% en concéntrico (considerado como grupo excéntrico) con cargas del 100 a 120%.

El entrenamiento duró 12 semanas, cada 4 semanas se efectuaron tests de fuerza máxima (squat y press de banca). La figura 270 muestra la evolución de los 3 grupos:

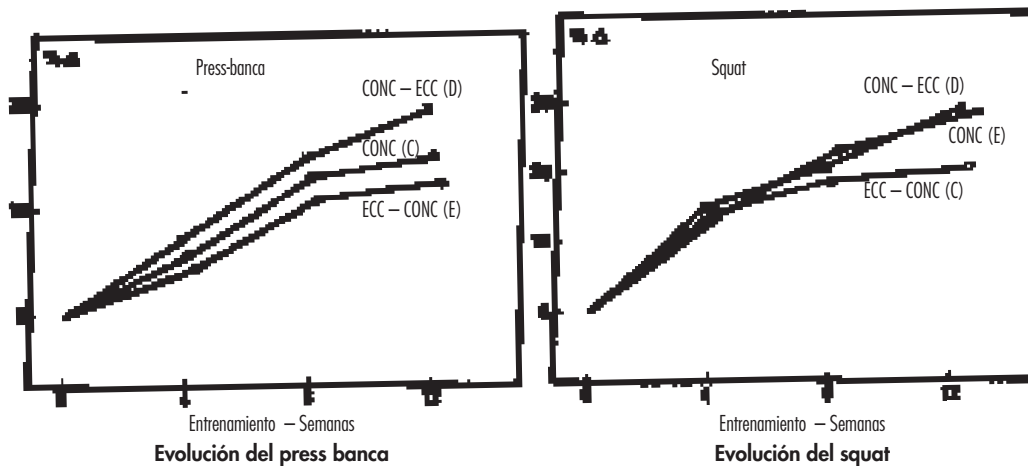


Figura 270. Evolución de la fuerza para los 3 grupos en el experimento de Hakkinen y cols. (1981) en el movimiento del press de banca (A) y el squat (B).

Se comprueba que el grupo D es siempre el más eficaz. Es necesario resaltar que la influencia de las 3 formas de trabajo no es idéntica en el squat y en el press de banca. El grupo de dominancia excéntrica mejora bien en squat, pero es menos eficaz en press de banca. Es necesario pues esperar reacciones diferentes entre los brazos y las piernas a nivel de la combinación de los tipos de contracción.

Hakkinen ha evaluado también la fuerza máxima del cuádriceps en condiciones concéntricas, isométricas y excéntricas.

Fuerza máxima concéntrica

Es el grupo D el que más ha progresado (figura 271).

Fuerza máxima isométrica

Mientras el grupo C (concéntrico) prácticamente no ha evolucionado, es de nuevo el grupo D quien más mejora su fuerza máxima isométrica.

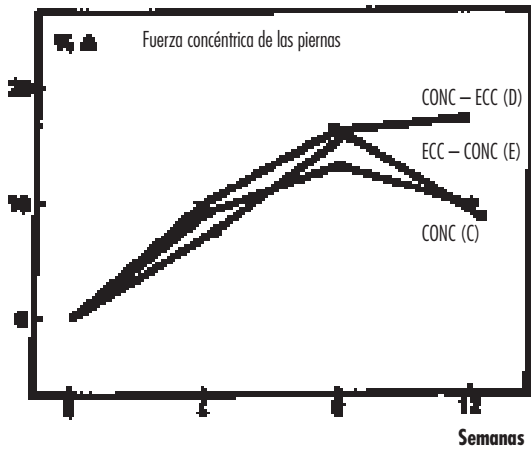


Figura 271. Progreso de los tres grupos en fuerza máxima concéntrica.

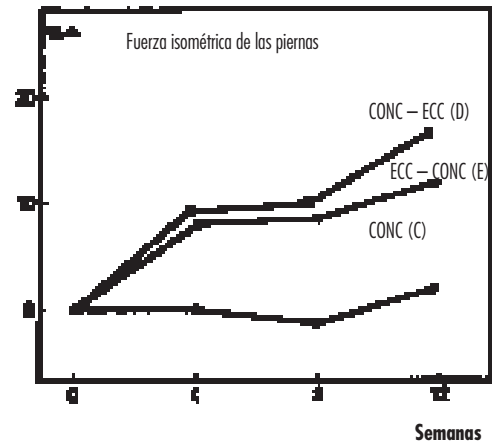


Figura 272. Evolución de la fuerza máxima isométrica.

Fuerza máxima excéntrica

Los dos grupos que incluyen trabajo excéntrico obtienen los mejores progresos.

Estos resultados confirman la idea de la especificidad de cada uno de los tipos de contracción (Komi y Burskirk, 1972): cada tipo es más eficaz en el test que le corresponde. Se nota aquí, sin embargo, el interés de combinar los tipos para no dejarse enganchar por esta regla. Según los resultados precedentes, se comprueba por otra parte que el tipo excéntrico es susceptible de mejorar las fuerzas isométrica y concéntrica.

Viitassalo (1981)

Los resultados de Hakkinen son confirmados por Viitassalo (1981). Viitassalo constituyó 5 grupos:

- Un grupo trabaja 75% en excéntrico y 25% en concéntrico.
- Un grupo trabaja 50% en concéntrico y 50% en excéntrico.
- Un grupo sólo trabaja en concéntrico (100% concéntrico).
- Un grupo se entrena con multisaltos.
- Un grupo trabaja con multisaltos aligerados.

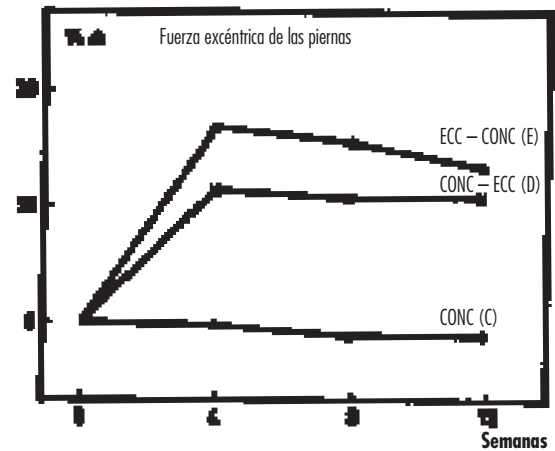


Figura 273. Evolución de la fuerza máxima excéntrica.

La figura 274 nos muestra de nuevo los resultados de los 5 grupos en 3 tests:

- La fuerza máxima concéntrica.
- Velocidad de desarrollo de la fuerza.
- Resultados en capacidad elástica (drop jum).

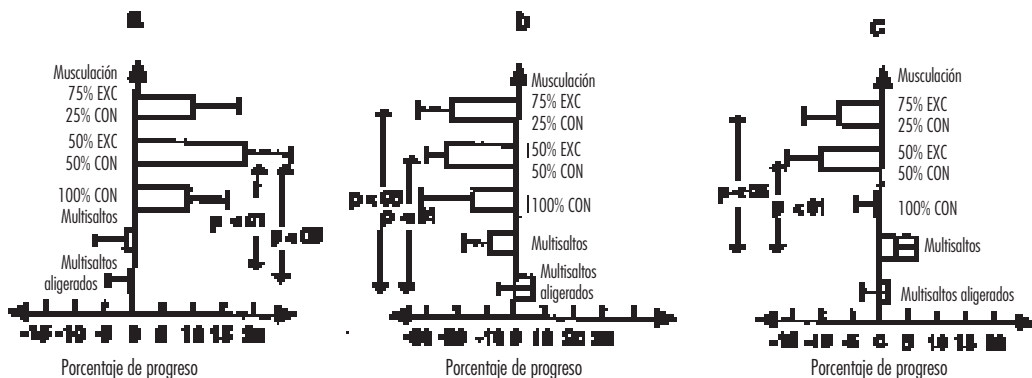


Figura 274. Experimento de Viitassalo (1981).

Se comprueba que el grupo 50-50% concéntrico excéntrico es de nuevo el más eficaz en lo concerniente a la fuerza.

Pletnev (1975)

Pletnev (1975) y Slobodian (1976) han mostrado la eficacia de una combinación de los 3 tipos: concéntrico, isométrico y excéntrico en un período de 3 meses. Pletnev trabajó con los siguientes músculos:

- Extensores del tronco,
- flexores del antebrazo,
- extensores del muslo.

La figura 275 resume los resultados de Pletnev.

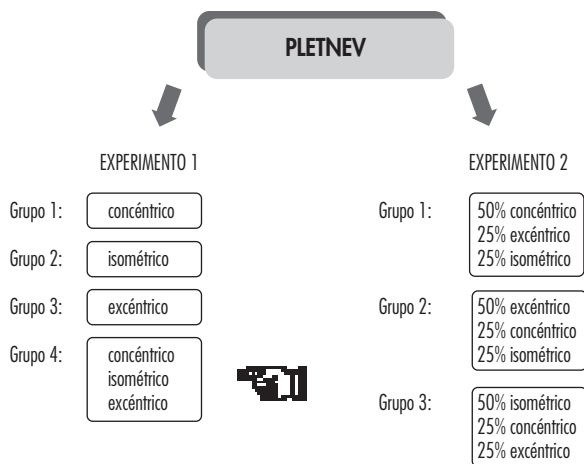


Figura 275. Resultados de Pletnev.

En un segundo estudio Pletnev (1976) quiso conocer el porcentaje ideal de combinación de los diferentes tipos. Los resultados difieren según las traducciones. Parece que la combinación 50% concéntrico, 25% isométrico, y 25% excéntrico es la más eficaz en la construcción de una sesión de musculación.

DATOS PRÁCTICOS

Se puede resumir la evolución de los métodos de musculación en el esquema de la Figura 276.

En una primera etapa no se han utilizado al principio más que cargas constantes (el atleta manejaba la misma carga durante to-

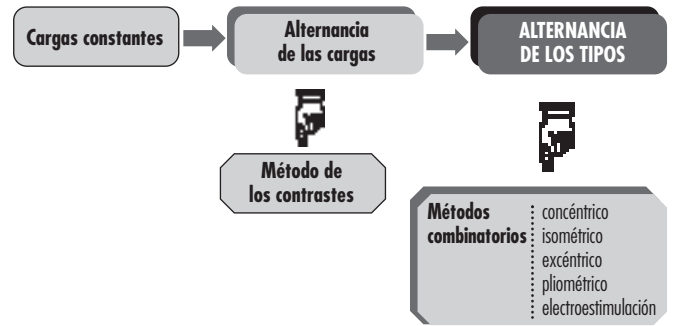


Figura 276. Grandes etapas en la evolución de los métodos de musculación.

da la sesión). Después, se supera una etapa de método de los contrastes: se trata esta vez de alternar cargas pesadas (entonces ejecución lenta) con cargas ligeras levantadas a velocidad máxima.

Pero es hacia una combinación de los tipos de contracción hacia donde es necesario dirigirse. Para tomar conciencia de todas las posibilidades ofertadas por este principio hemos preparado el esquema de la figura 277. Se comprueba la multitud de soluciones que se ofertan al entrenador.

¿Cómo organizar esta diversidad para ser eficaces en el entrenamiento? Esto será el objetivo esencial de la segunda parte.

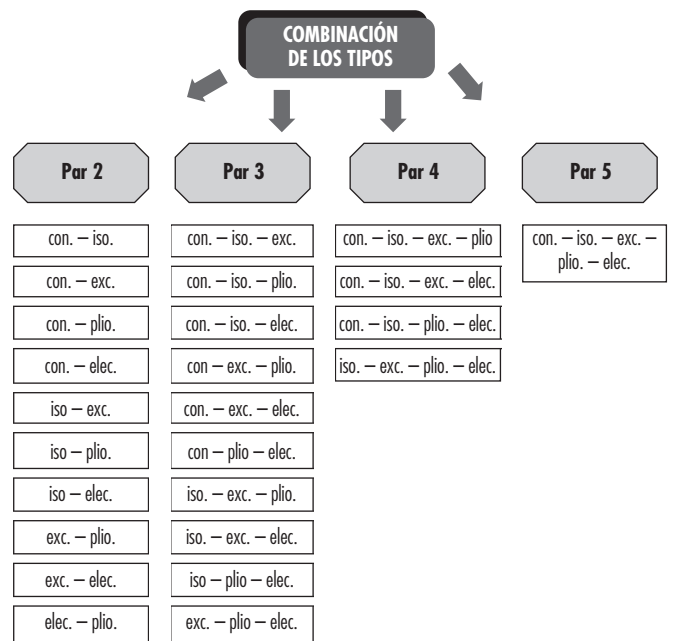


Figura 277. Diferentes combinaciones de los tipos de contracción.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA ALTERNANCIA DE LOS TIPOS DE CONTRACCIÓN



- ASMUSSEN, E.; HANSEN, O.; AND LAMMERT, O. (1965): The relation between isometric and dynamic muscle strength in man, *Communication from the testing and observation institute of Danish National Association for infantile Paralysis*, 20.
- ☞ COMETTI, G. (1988): La pliométrie, compte-rendu du colloque de février 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, ed: université de Bourgogne.
- FLECK, S.J.; AND KRAEMER, W.J. (1987): Designing resistance training programs, *Humans Kinetics Books*, Champaign, Illinois.
- ☞ HAKKINEN, K.; AND KOMI, P. (1981): Effect of combined concentric and excentric muscle work regimens on maximal strength development, *Journal of Human Movement Studies*, 7, 33-44.
- PLETNEV, B. (1975): The effectiveness of different regimens of muscle work with equivalents loads, *Theory and Practice of Physical Culture*, 10, 20-23.
- ☞ PLETNEV, B. (1976): The dynamics of muscle strength using different combined work regimens, *Theory and Practice of Physical Culture*, 9, 19-22.
- SCHMIDBLEICHER, D. (1985): Classification des méthodes d'entrainement en musculation, en *Traduction Insep* n° 498 (edited by Insep).
- SLOBODIAN, H. (1976): *Nya Kraftsport*, 33, 16
- VIITASSALO, J.T.; AURA, O.; HAKKINEN, K.; KOMI, P.; AND NIKULA, J. (1981): Untersuchugen von Trainingswirkung auf die Krafterzeugung und Sprunghöhe, *Leistungssport*, 11, 4.

2

P A R T E

DATOS
PRÁCTICOS

Métodos de desarrollo de la masa muscular

INTRODUCCIÓN

Los datos científicos nos han enseñado que el número de repeticiones ideal para lograr un desarrollo de la masa muscular se sitúa alrededor de 10 repeticiones máximas. (1 RM significa una repetición efectuada con la carga que permite realizar una sola repetición) (fig. 1).

EL 10 POR 10

Conocemos el número de repeticiones en una serie (10) y nos queda determinar el número de series y los tiempos de descanso. Según Zartsiorsky (1966) el número de series debe ser muy importante con el fin de provocar el agotamiento de las reservas del músculo. Este autor propone 10 series. En cuanto al tiempo de

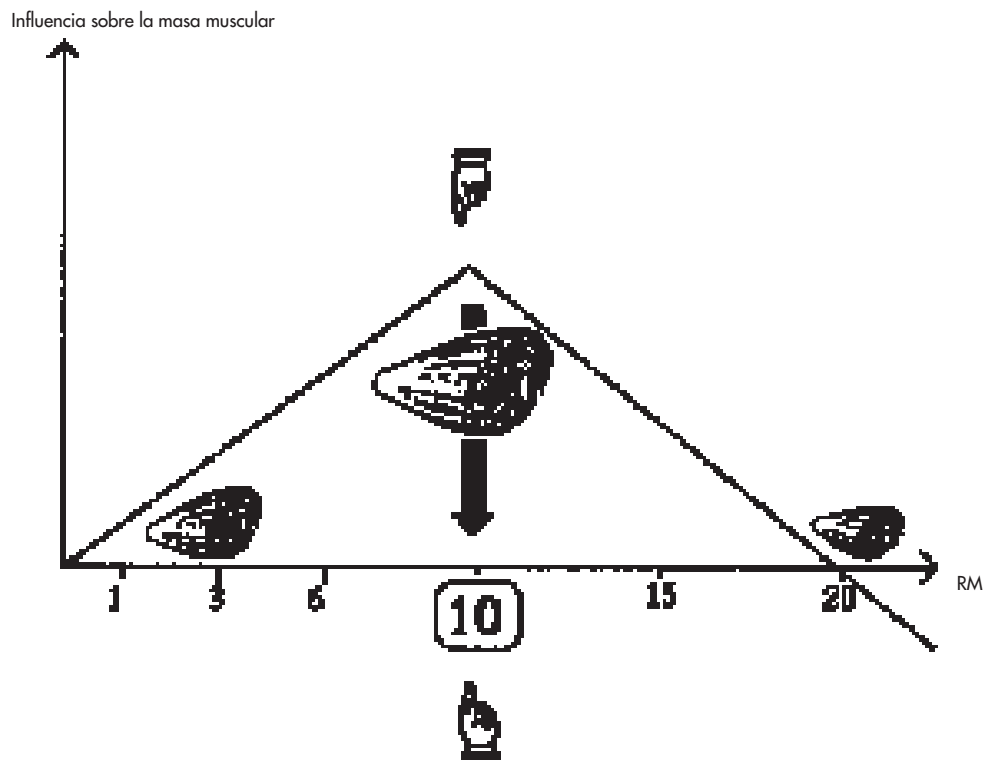


Figura 1. Influencia del número de repeticiones máximas (RM) sobre el desarrollo de la masa muscular.

descanso entre las series, es de 3 minutos. La recuperación debe de ser relativamente corta para favorecer la fatiga del músculo, pero suficiente para permitir un número importante de series. La

ejecución de los movimientos debe hacerse a la velocidad máxima para provocar tensiones máximas (lo que favorece la sollicitación de todas las fibras y por tanto su agotamiento).

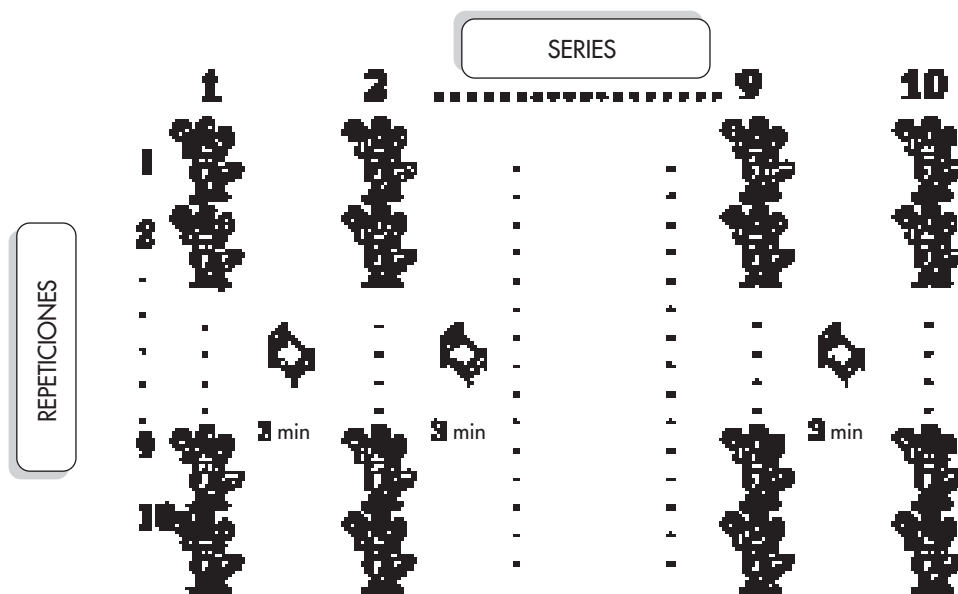


Figura 2. El método 10 x 10.

EL PRINCIPIO DE OTROS MÉTODOS

Existen numerosos métodos conocidos por su eficacia en el desarrollo de la masa muscular. Todos parten del mismo principio: aumentar la fatiga muscular. El espíritu de estos métodos es aplicar la lógica del 10 por 10, pero quieren ir más lejos. Se respeta el 10 por 10, pero se desea mejorar. Damos el ejemplo de la post-fatiga:

En un trabajo de press-banca se encadenan 10 RM; se comprueba entonces que se puede todavía efectuar algunas más para agotar las reservas del pectoral. Se obtiene así un agotamiento suplementario.

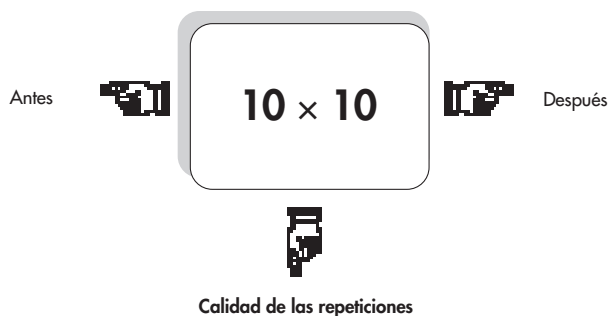


Figura 3. Principio de los métodos derivados del 10 x 10 para mejorar el agotamiento muscular.

Es posible resumir los métodos que siguen este mismo principio:

Mejorar el 10 por 10 permitiendo un mejor agotamiento muscular

La solución utilizada más frecuentemente es la que consiste en efectuar ejercicios después de la serie; los llamaremos métodos post-fatiga.

LOS MÉTODOS POST-FATIGA

Consideramos que el movimiento propuesto (por ejemplo, el press-banca) no ha logrado agotar los músculos principales que intervenían (pectoral y tríceps, por ejemplo). El atleta va a prolongar su esfuerzo con otro ejercicio (en general menos global, por ejemplo extensiones).

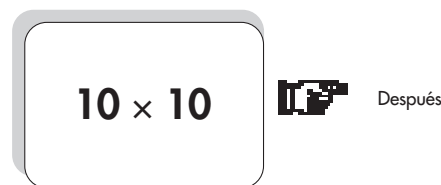


Figura 4. La post-fatiga.

LA POST-FATIGA CLÁSICA

Se traduce por el encadenamiento de dos ejercicios, por ejemplo: squats y máquina del cuádriceps o press-banca y máquina de los pectorales. Los dos ejercicios están encadenados sin tiempo de descanso.

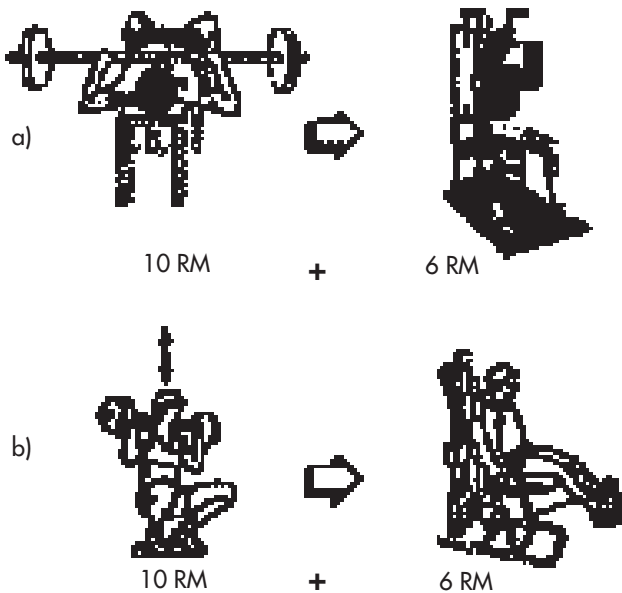


Figura 5 y 6. Ejemplo de trabajo en post-fatiga: a) para los brazos, b) para las piernas.

LA POST-FATIGA CON CAMBIO DE TIPO DE CONTRACCIÓN

Se puede efectuar de dos maneras:

- Se mantiene el mismo movimiento.
- Se cambia el movimiento.

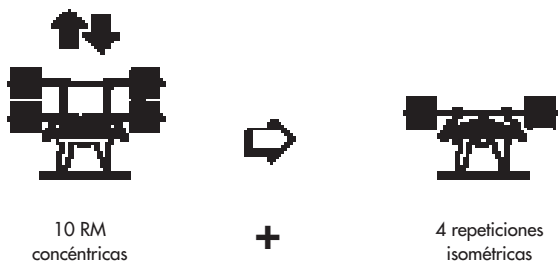


Figura 7. La post-fatiga en isometría en el mismo movimiento.

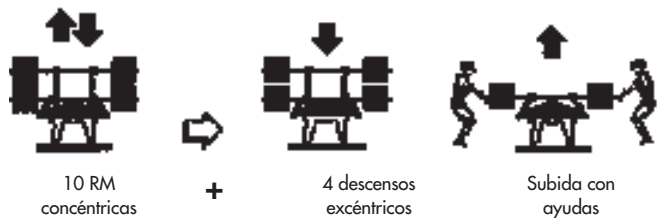


Figura 8. La post-fatiga en excéntrico en el mismo movimiento.

Con el mismo movimiento

El atleta efectúa 10 repeticiones máximas en press-banca y, como ya no puede subir la carga, continúa con varias repeticiones (4 a 6) en isometría o en excéntrico.

Con un movimiento más analítico

Es el caso que hemos visto antes (con la post-fatiga clásica), pero esta vez con tipos de contracción diferentes.

Se efectúa el segundo ejercicio en isometría o en excéntrico (de 4 a 6 repeticiones) o en electroestimulación (5 a 10 min).

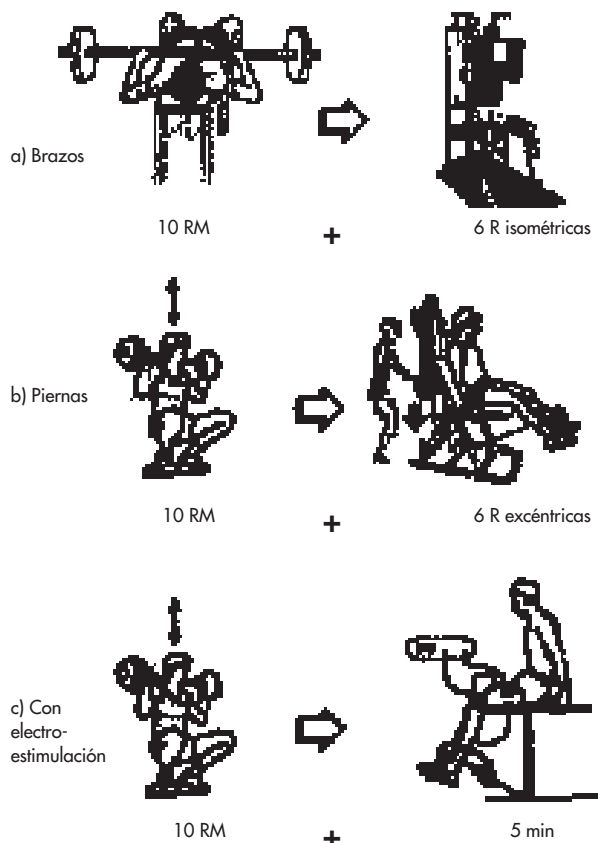


Figura 9. La post-fatiga con cambio de contracción y movimientos diferentes.

LAS SUPERSERIES

Son de dos tipos:

Las superseries antagonistas

Consiste en encadenar un ejercicio que implica un músculo agonista y un ejercicio que solicita su antagonista. Ejemplos:

- Una serie de press-banca seguida inmediatamente de una serie boca abajo.
- Una serie en la máquina del cuádriceps acoplada con una serie en la máquina de los isquiotibiales.

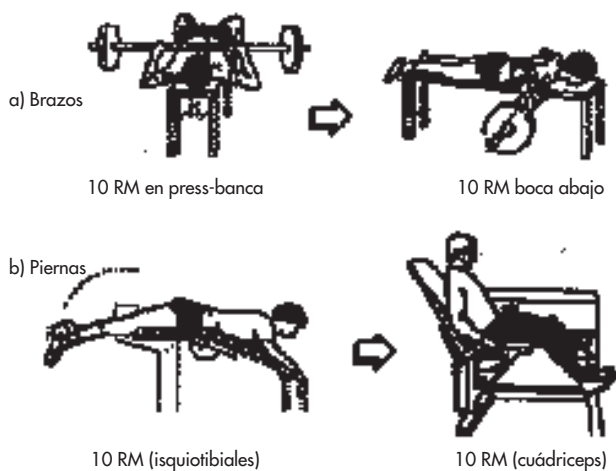


Figura 10. Las superseries antagonistas a) ejemplo para los brazos, b) ejemplo para las piernas.

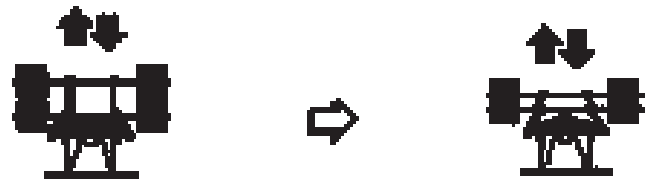
Las superseries agonistas

Corresponden a lo que llamamos post-fatiga clásica (fig. 6):

- Una serie de squats y una serie en la máquina del cuádriceps.
- Una serie de press-banca y una serie de extensiones.

LAS SERIES "ARDIENTES"

Consisten en efectuar 10 repeticiones máximas con un movimiento (hasta el agotamiento) y después hay que seguir con movimientos analíticos o incompletos (de pequeña amplitud) más o menos 5 a 6 repeticiones. La sensación en los músculos es una impresión de "quemazón" o "ardor", de donde el método toma el nombre. Este método se aplica sobre todo a los músculos de los brazos.



10 RM en press-banca

+

5 a 6 repeticiones incompletas

Figura 11. Las series "quemadoras".

LAS SERIES "FORZADAS"

Se trata, después de una serie de 10 RM, de seguir 2 a 4 repeticiones con la ayuda de un compañero que aligera ligeramente para que la carga pueda levantarse.



10 RM

+

3 a 4 repeticiones con ayuda

Figura 12. Las series "forzadas". Ejemplo del press-banca.

LOS MÉTODOS "PRE-FATIGA"

Vemos en la figura 13 que podemos añadir ejercicios antes de la serie.



Figura 13. Mejora del 10 × 10 ajustando los ejercicios antes de la serie.

El interés presentado por estos métodos es cansar el grupo muscular seleccionado (con un ejercicio analítico) con el fin de realizar seguidamente el ejercicio más global para solicitar más intensamente esta zona. Vamos a dar dos ejemplos:

- Para las piernas: si se cansan los cuádriceps con la ayuda de un trabajo en la máquina de cuádriceps y después pasamos a squats, se agotarán los cuádriceps de manera más eficaz. Los músculos de las piernas se cansan más rápidamente y no es la fatiga de los músculos de la espalda la que pondrá fin al ejercicio.

- Para los brazos: generalmente se considera que cuando hay un press-banca son los tríceps los que ponen fin a las repeticiones, se cansan con el movimiento más rápidamente que los pectorales por ejemplo. Estos últimos se agotan de manera incompleta con este tipo de movimiento. Vamos entonces a pre-fatigar los pectorales con un trabajo previo en extensiones o con la máquina de pectorales. Se observa en este caso un agotamiento más completo del músculo en cuestión.

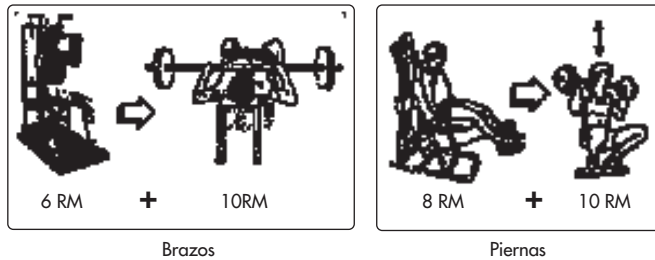


Figura 14. Los métodos de pre-fatiga.

Así pues, la pre-fatiga puede realizarse mediante un trabajo concéntrico (es el caso más usual), pero igualmente se puede, y con éxito, utilizar un trabajo isométrico, o en electroestimulación (el trabajo excéntrico no es muy interesante para el desarrollo de la masa muscular cuando está utilizándose el método de pre-fatiga).

LA PRE Y LA POST-FATIGA

Es lógico que se piense en efectuar una síntesis de los dos procedimientos para lograr lo que llamamos pre y post-fatiga.

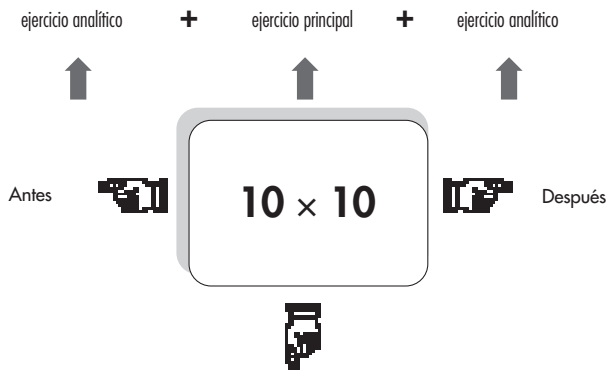


Figura 15. El método de pre y post-fatiga.

Se habla igualmente para este procedimiento de método "de triseries". Distinguimos varias variantes para este método:

- Las triseries con dos ejercicios.
- Las triseries con tres ejercicios.
- Las triseries descendentes.

LAS TRISERIES CON DOS EJERCICIOS

Es la situación más simple: el ejercicio principal es el press-banca y el ejercicio analítico es el ejercicio de aberturas. Tenemos el mismo ejercicio en pre-fatiga que en post-fatiga.

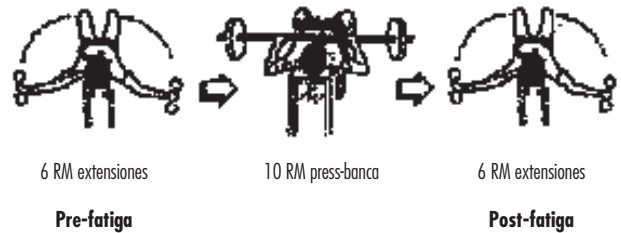


Figura 16. Las triseries con dos ejercicios.

LAS TRISERIES CON TRES EJERCICIOS

Para introducir más variedad y una mayor eficacia a nivel de fatiga muscular se pueden utilizar tres ejercicios diferentes, o sea, tomar dos ejercicios diferentes para la pre y la post-fatiga.

Ejemplo:

- Para el press-banca utilizaremos el encadenamiento:



Figura 17. El método de triseries con tres ejercicios.

LAS TRISERIES DESCENDENTES

Se trata esta vez de encadenar las series en un orden descendente de dificultad. Empezamos efectuando el ejercicio más difícil

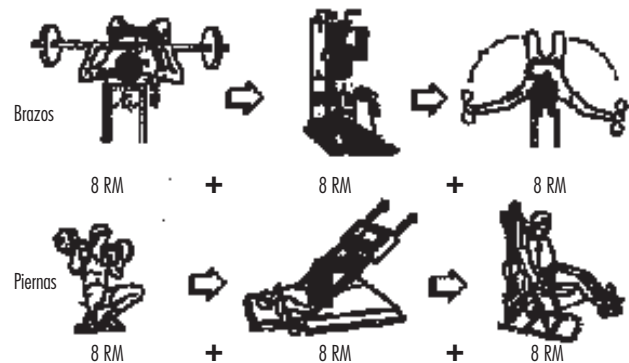


Figura 18. Las triseries descendentes.

hasta el agotamiento, continuamos con un ejercicio más analítico que permite continuar la fatiga y terminamos por fin con el tercer ejercicio para acabar de agotar las reservas del músculo.

LOS MÉTODOS QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DE EJECUCIÓN

Para mejorar la eficacia hasta el agotamiento de cada repetición hemos visto en la figura 3 que podíamos actuar de igual manera sobre la calidad de ejecución. Existen dos tipos de métodos:

- Los métodos simples.
- Los métodos más sofisticados.

LAS SERIES CON TRAMPAS

Consisten en la facilitación al principio del ejercicio (cada repetición) con movimientos de compensación. Por ejemplo en el trabajo del bíceps en posición de pie nos ayudamos de un movimiento del tronco. Esto permite levantar cargas más pesadas. Además, se ejercen tensiones musculares durante mucho más tiempo en el movimiento. En efecto, es al principio donde está más a menudo el movimiento más duro y el que limita la carga levantada (bíceps, press-banca). Habitualmente el esfuerzo se realiza al principio del movimiento, pero cuando el atleta alcanza un ángulo de trabajo en el cual puede ejercer una fuerza mayor la resistencia es demasiado ligera. Las series trucadas permiten entonces trabajar las otras fases del movimiento. Se trata en definitiva de permitir un trabajo muscular más intenso con una amplitud de movimiento más grande con la esperanza de vaciar completamente el músculo de sus reservas.

LA UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS (ROBOTS)

Este medio puede acortar las series forzadas (ver pág. 150) en el caso de que presente una ayuda realizada gracias a un motor. El principio es el mismo que antes: permitir un trabajo con una

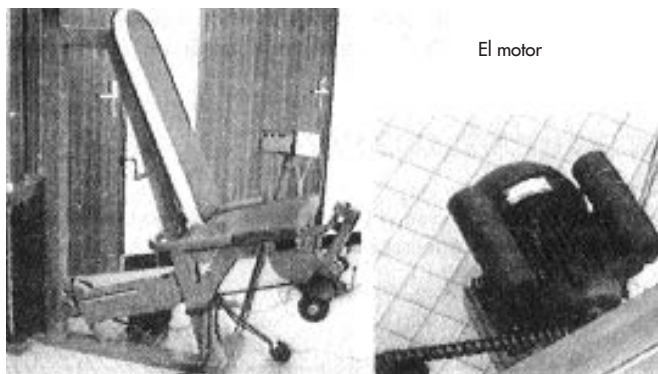


Figura 19. Máquina de cuádriceps provista de un robot.

amplitud mayor. El atleta realiza 10 repeticiones, busca continuar, pero no puede, ya que la carga es demasiado pesada. Un motor se pone en marcha entonces para ayudar al atleta a terminar las 3 o 4 repeticiones que añade. El motor sólo ayuda en las fases difíciles, ayudando al esfuerzo del atleta durante toda la amplitud del movimiento. La figura 19 representa una máquina de cuádriceps con su robot. El motor está ajustado a la velocidad de ejecución; en cuanto detecta una reducción de la velocidad de ejecución, añade la fuerza que falta.

LAS MÁQUINAS ISOCINÉTICAS

En un movimiento "natural" con barra se observa que los músculos principales sólo trabajan al principio del movimiento y después es la inercia de la barra la que permite terminar el movimiento. El esfuerzo entonces es muy débil en el plano temporal. Las máquinas isocinéticas se inventaron para permitir un esfuerzo más prolongado. La resistencia es constante desde el principio hasta el final del movimiento. En efecto, es la velocidad la que es una constante, y busque el atleta ejercer una gran fuerza al principio o no, la resistencia va a moverse a la misma velocidad. El atleta encuentra la misma dificultad al principio y al final del movimiento, sólo el juego de las palancas corporales va a intervenir para hacer variar la fuerza producida por el atleta. El atleta ejerce una fuerza importante en todo el trayecto del movimiento. Se comprende entonces el interés de estos aparatos en el caso de un aumento de la masa muscular (la fatiga muscular es más importante).

Prácticamente es en este sentido en el que tiene interés la utilización de las máquinas isocinéticas. Cabe considerar que este tipo de máquinas sólo es eficaz con series de 6 repeticiones a razón de 3 a 6 series por movimiento.



Figura 20. Un ejemplo de máquina isocinética.

LA ELECTROESTIMULACIÓN

Hemos visto en la primera parte que este método es favorable en ciertas condiciones para desarrollo de la masa muscular.

La sesión

Dura de 10 a 15 minutos por músculo. No debe comprender más de 3 grupos musculares por sesión (en el caso de músculos complejos como el cuádriceps serían 10 minutos para el cuádriceps como mínimo y entonces se estimula el tríceps y el glúteo, realizándose 2 series de 3 repeticiones (10 minutos cada una) sumando un total de 60 minutos de estimulación (3 veces 10 min \times 2 = 60 min de estimulación).

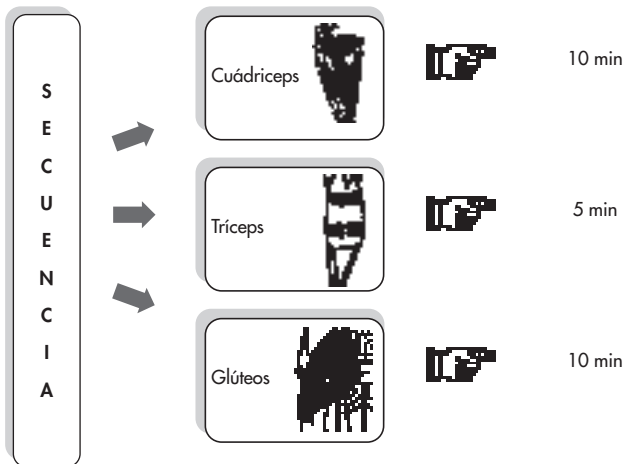


Figura 21. La sesión de electroestimulación.

El ciclo trabajo descanso

La contracción debe ser bastante larga (de 6 a 10 segundos), el tiempo de recuperación debe ser el suficiente para permitir que la siguiente contracción sea de calidad (entre 10 y 20 segundos). La intensidad de la contracción ha de ser máxima (la máxima que pueda tolerar el sujeto) en general corresponde a un 60-80% del máximo de la contracción voluntaria.



Figura 22. El ciclo trabajo-descanso para una estimulación destinada al aumento de la masa muscular.

Las corrientes

Son las corrientes de Kotz las más eficaces. Con las corrientes de impulsos nos orientamos hacia velocidades de impulsos de 800 micro. y frecuencias de 50 Hz.

La semana

3 a 4 sesiones semanales por grupo muscular son suficientes para obtener resultados significativos.

El ciclo

3 semanas son suficientes para alcanzar resultados tangibles.

RESUMEN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS ORIENTADOS HACIA LA MASA MUSCULAR

Hemos resumido en la figura 23 los diferentes métodos desarrollados anteriormente. La tabla de la página siguiente proporciona las precisiones complementarias.

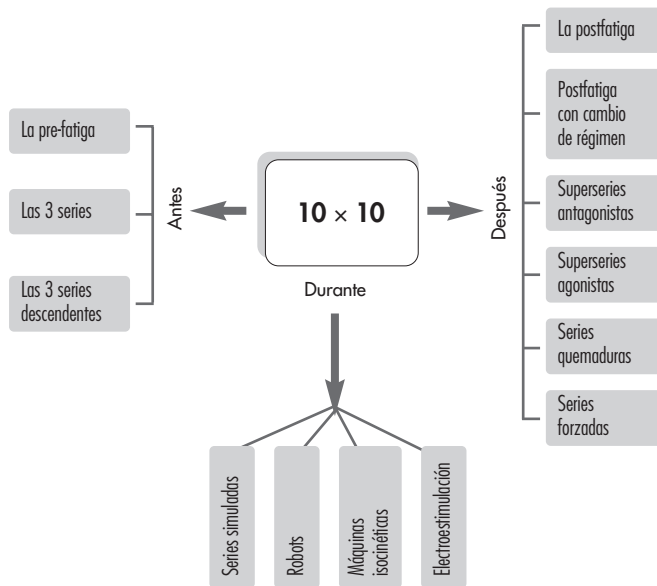


Figura 23. Los diferentes métodos de desarrollo de la masa muscular.

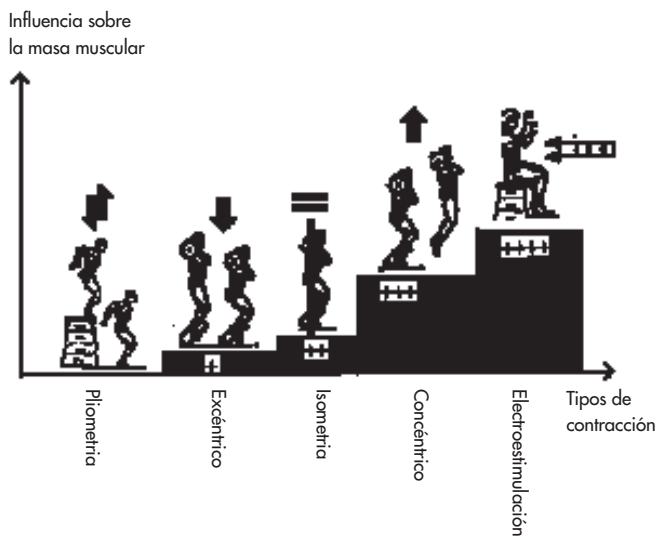


Figura 24. Acción de los diferentes regímenes sobre el desarrollo de la masa muscular.

También podemos considerar la eficacia de los distintos tipos en el desarrollo de la masa muscular. La figura 24 resume la acción respectiva de los distintos tipos cuando se emplean aislados. Este esquema procede en gran parte de constataciones empíricas.

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
10 × 10	10 series de 10 RM (3 minutos de recuperación)
Post-fatiga clásica	6 a 10 series de 10 RM + 4 a 6 repeticiones en un movimiento analítico concéntrico
Post-fatiga con cambio de contracción en el mismo movimiento	6 a 10 series de 10 RM en concéntrico + 4 a 6 repeticiones en el mismo movimiento excéntrico, isométrico, electroestimulación
Postfatiga con cambio de contracción en un movimiento más analítico	6 a 10 series de 10 RM + 4 a 6 repeticiones en un movimiento analítico excéntrico, concéntrico, isométrico, electroestimulación
Superseries antagonistas	6 a 8 (10 RM con los agonistas + 10 RM con los antagonistas)
Superseries agonistas	6 × (10 RM + 4 a 6 repeticiones con un movimiento analítico concéntrico)
Series quemadoras	6 a 8 × (10 RM + 1 × 4 movimientos incompletos)
Series forzadas	6 a 8 × (10 RM + 1 × 4 con ayuda)
La pre-fatiga	6 a 8 × (6 RM movimientos analíticos + 10 RM)
Las 3 series con 2 ejercicios	6 × (6 movimientos analíticos + 10 RM movimiento global + movimientos analíticos)
Las 3 series con 3 ejercicios	6 × (6 movimientos analíticos A + 10 RM movimientos global + 6 movimientos analíticos B)
Las 3 series descendentes	6 × (6 movimientos globales + 6 movimientos menos intensos + 6 movimientos analíticos)
Las 3 series simuladas	6 × (10 RM con la ayuda del resto del cuerpo para comenzar el movimiento)
Máquinas robot	Mismo principio que las series forzadas pero con la ayuda de un motor
Máquinas isocinéticas	3 a 6 veces 6 movimientos a una velocidad constante
Electroestimulación	Estimulación eléctrica del músculo (10 min)

Tabla resumen de los distintos métodos del desarrollo de la masa muscular

Entonces resulta que la pliometría no desarrolla la masa muscular. Incluso si el trabajo excéntrico acarrea muy a menudo una ganancia de la fuerza. La isometría es conocida por ser menos eficaz que el trabajo concéntrico para la hipertrofia. Es, pues, el régimen concéntrico el más apropiado para las modificaciones morfológicas. Pero se nota que la electroestimulación está en primera posición, este método nos puede asombrar por su eficacia y esto se ve en culturistas confirmados. No hay que concluir que la electroestimulación entraña sistemáticamente una ganancia espectacular de volumen. Se puede en algunos casos limitar el desarrollo y centrarse en la fuerza explosiva.

LA PLANIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS

LA SESIÓN

Se distinguen dos tipos de sesión:

- La sesión del miembro superior.
- La sesión del miembro inferior y tronco.

La sesión del miembro superior

Se compone de ejercicios que conciernen los distintos grupos musculares. Hay dos tipos de ejercicios:

- Ejercicios globales que son por lo menos 3: arrancadas, press-banca y flexiones.
- Ejercicios analíticos que están destinados a grupos musculares bien localizados. Utilización en este caso de máquinas más o menos sofisticadas.

La sesión ideal es aquella que incluya los dos tipos de ejercicios con 6 a 10 series de 10 RM por movimiento, lo que representa un volumen de trabajo considerable (fig. 26).

La sesión mínima es la que sólo consta de los 3 ejercicios fundamentales a razón de 10 × 10 RM por ejercicio (fig. 25).

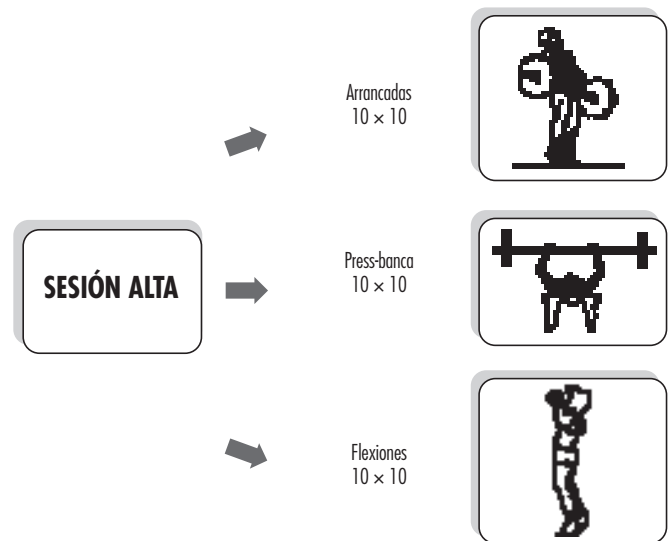


Figura 25. La sesión mínima de desarrollo de la masa para la parte superior del cuerpo.

La sesión del miembro inferior y del tronco

Para las piernas distinguimos:

- El trabajo del cuádriceps.
- El trabajo del tríceps.
- Los isquiotibiales.

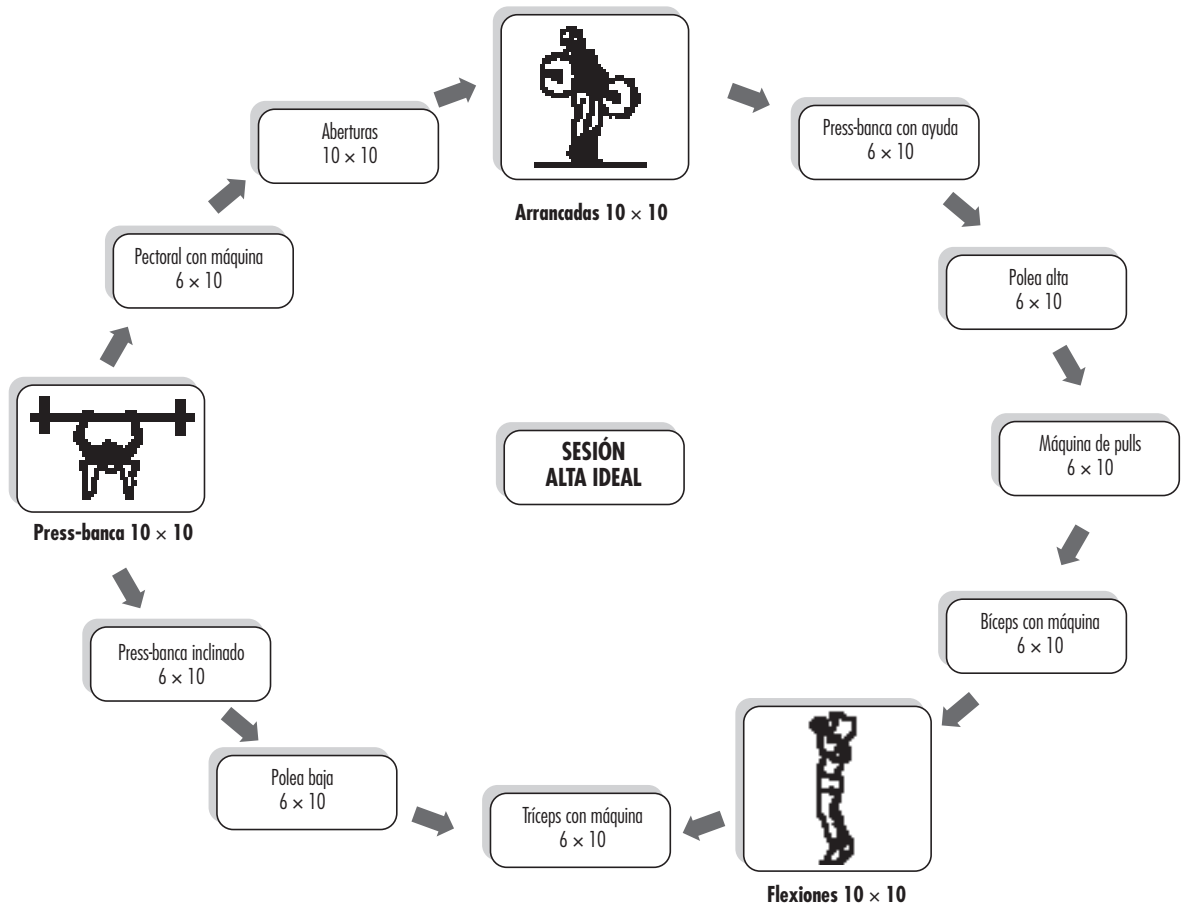


Figura 26. La sesión ideal de trabajo de la masa muscular para la parte superior del cuerpo.

Para el tronco:

- El trabajo de los abdominales:
 - Tronco móvil.
 - Piernas móviles.
 - En rotación.
- El trabajo de los lumbares.

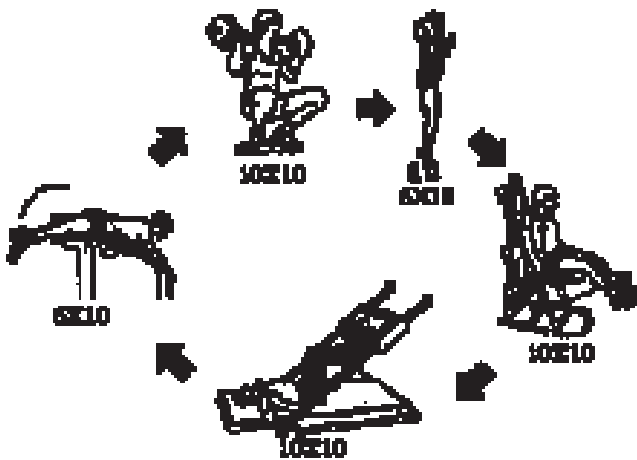


Figura 27. Sesión para las piernas.

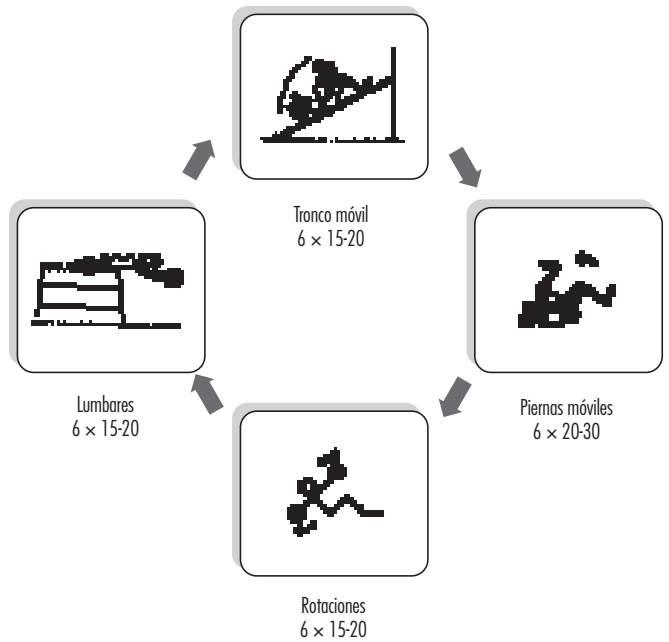


Figura 28. Sesión para el tronco.

El principio común para estos diferentes tipos de sesión es efectuar el conjunto del trabajo que implique un grupo muscular antes de pasar al siguiente.

LA SEMANA

Consideramos que hay que repetir los mismos ejercicios cada dos días lo que acarrea una alternancia entre las extremidades superiores y las inferiores (fig. 29).

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Brazos	Brazos	Brazos	Piernas	Piernas	Piernas	Descanso

Figura 29. Un ejemplo de semana orientada hacia el desarrollo de la masa muscular.

Para los atletas que tienen un pasado importante en el campo del desarrollo de la masa muscular se puede considerar otra alternativa que consiste en encadenar 2 días seguidos de trabajos de la misma parte del cuerpo para acumular el agotamiento (fig.30).

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Brazos	Brazos	Piernas	Piernas	Brazos	Piernas	Descanso

Figura 30. Una semana basada en el desarrollo de la masa muscular en atletas con una masa muscular previa.

EL CICLO

Para una buena eficacia del trabajo de hipertrofia muscular se necesitan más o menos 3 semanas de trabajo. Durante estas 3 semanas de trabajo (que llamaremos ciclo de "agotamiento", figura 31) la alimentación debe ser normal (no una sobrealimentación) para contribuir al agotamiento. Pero en las 3 semanas siguientes (ciclo de "regeneración") el trabajo debe disminuir a la mitad y la alimentación debe ser superior a la normal. Y es durante estas 3 semanas cuando puede ser interesante un régimen rico en proteínas. En efecto, el organismo en un estado de agotamiento avanzado necesita un aporte suplementario y entonces lo fijará en beneficio de un crecimiento de la masa muscular.

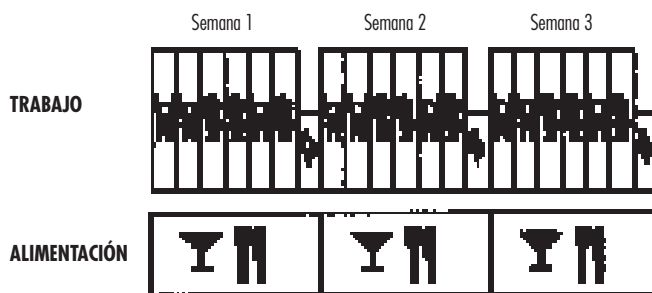


Figura 31. Ciclo de agotamiento.

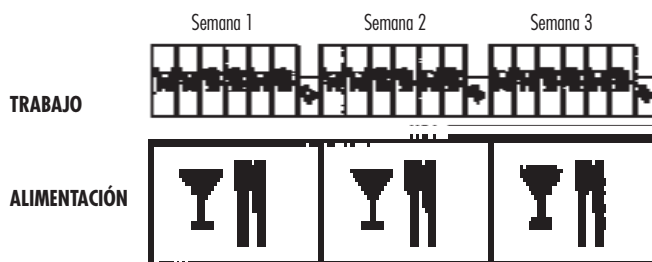


Figura 32. Ciclo de "regeneración".

Tendremos que realizar una estructura con dos ciclos que podremos llamar "bloque hipertrofico" (figura 33).

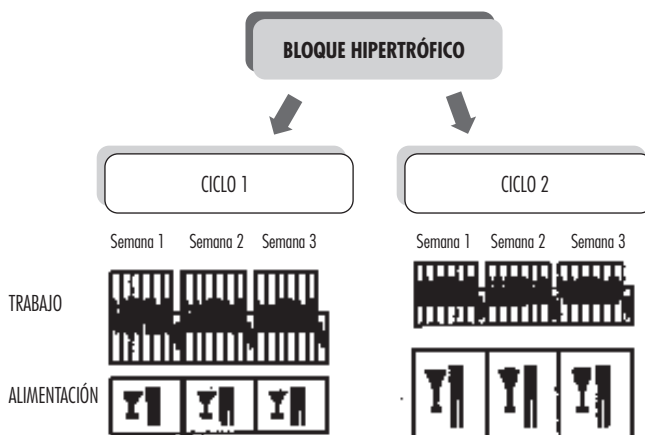


Figura 33. El bloque "hipertrofico".

EL AÑO

Consta de un encadenamiento de bloques (figura 34).

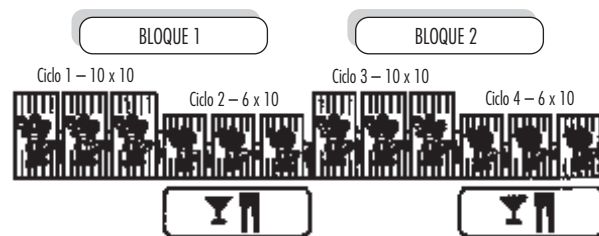


Figura 34. Alternancia de los bloques.

Este programa estaría destinado a un “especialista” de la masa muscular. A continuación vamos a analizar las dos alternativas posibles más detalladamente:

- el año para el “especialista” de la masa muscular (culturista).
- la hipertrofia para las otras especialidades.

La alternancia de métodos en el año para el culturista

Hay que encadenar los bloques como lo muestra la figura 34. Dos problemas se van a plantear para los culturistas:

- cambiar los métodos para evitar la monotonía,
- preparar las competiciones para una pérdida de peso y un régimen adecuado.

LOS MÉTODOS EN EL AÑO

La figura 35 muestra un ejemplo de alternancia eficaz de los métodos. Se observa que la electroestimulación se utiliza durante períodos de 3 semanas.

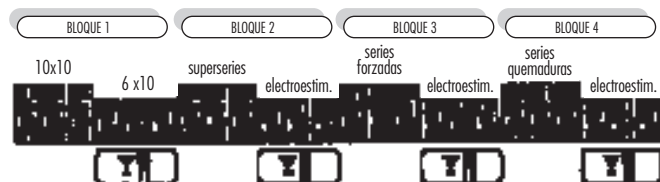


Figura 35. Alternancia de los métodos de desarrollo de la masa para el culturista.

LA PREPARACIÓN DE LAS COMPETICIONES

El culturista se encuentra confrontado a 2 exigencias contradictorias.

- perder kilos.
- mantener su masa muscular.

Con los métodos tradicionales esto es imposible. Gracias a la electroestimulación es posible mantener la masa muscular. En este caso hay que trabajar con la electroestimulación 2 a 3 veces por semana para cada grupo muscular. Sin embargo, se puede trabajar con un método clásico para algunas partes del cuerpo.

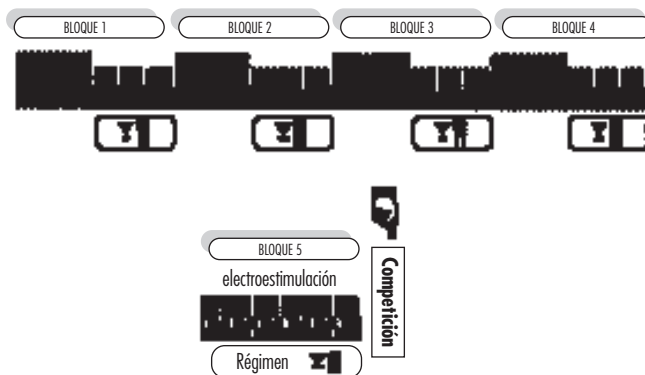


Figura 36. La preparación de las competiciones.

El desarrollo de la masa muscular para las otras disciplinas deportivas

Es muy interesante en disciplinas como lanzamientos, halterofilia, deportes de combate, rugby, etc. desarrollar la masa muscular. Esto no debe realizarse en detrimento de la explosividad del atleta. Generalmente se sitúan los ciclos que tienen una dominancia de “hipertrofia” (0 10 x 10) lejos de las competiciones, es decir, en el inicio de la planificación. Esto se debe a varias razones:

- Dejar al atleta un período bastante largo para que acomode sus sensaciones a su nueva morfología.
- El ciclo de “hipertrofia” es altamente energético y va a permitir al atleta asimilar mejor el trabajo futuro.

Concretamente ello se traducirá por uno o dos ciclos de 10 x 10 (o uno de sus derivados) al principio del entrenamiento. Un ciclo basta para un principiante, dos ciclos son necesarios para un atleta confirmado.

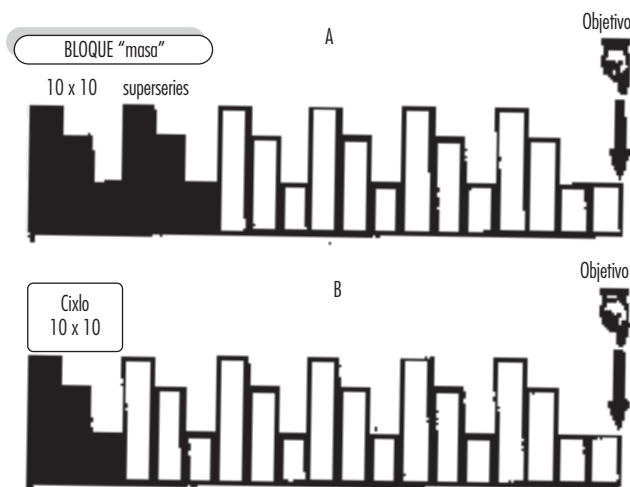


Figura 37. El bloque (A) o el ciclo (B) en la orientación masa muscular y su posición en la planificación anual.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS DE DESARROLLO DE LA MASA MUSCULAR



- 📖 FLECK, S.J. AND KRAEMER W.J. (1987): Designing resistance training programs, *Human Kinetics Books*, Champaign, Illinois.
- HARRE, D. (1972): Trainingslehre, Sportverlag, DDR, 108 *Berlin*. fv.
- MACDONAGH, M.J.N. and DAVIES, C.T.M. (1984): Adaptative response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads, *European Journal of Applied Physiology*, 52, 139-155.
- 📖 SCHMIDTBLEICHER, D. (1985): Classification des méthodes d'entraînement en musculation, en *Traduction Insep* n.º 498 (edited by Insep).
- TESCH, P.A. and LARSSON, L. (1982): Muscle hypertrophie in bodybuilder, *European Journal of Applied Physiology*, 49, 301-306.
- TESCH, P.A. (1987): Acute and long-term metabolic changes consequent to heavy resistance exercise. *Medicine Sport Sciences*, 26, 67-89: Karger (Basel).
- 📖 ZATSIORSKI, V. (1966): Les qualités physiques du sportif, in traduction INS.

Los métodos concéntricos

INTRODUCCIÓN

Aquí sólo vamos a ver los métodos concéntricos que no están centrados en el desarrollo de la masa muscular para evitar presentar métodos vistos ya en el capítulo 1. Nos bastará con retomar a veces ciertos conceptos (pre-fatiga por ejemplo) cuando nos parezcan útiles para objetivos distintos al del aumento del volumen muscular.

LA LÓGICA DE ZATSIORSKI

Para mejorar la fuerza hemos visto en la primera parte que sólo existían tres soluciones:

- trabajar con una carga máxima (máximo 3 RM por serie),
- trabajar con una carga no máxima hasta la fatiga (6 RM),
- trabajar con una carga no máxima pero a velocidad máxima.

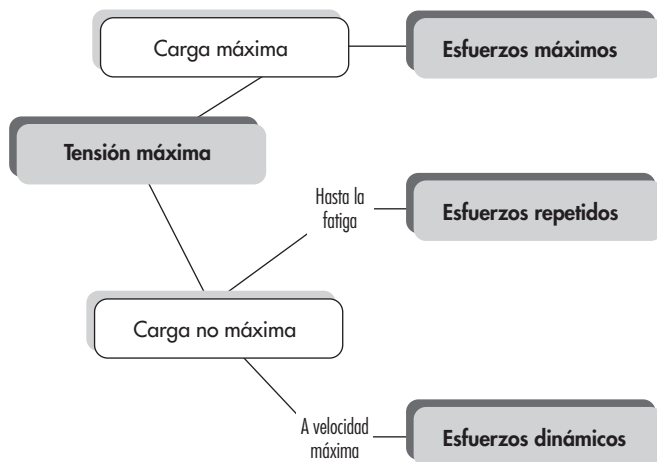


Figura 38. La lógica de los métodos de Zatsiorski.

A partir de ellas obtendremos:

- el método de esfuerzos máximos (5 x 3 RM por sesión por ejemplo),
- el método de esfuerzos repetidos (6 a 12 series de 6 RM),
- el método de esfuerzos dinámicos (6 a 15 series de 6 repeticiones que tienen como carga el peso del cuerpo o una sobrecarga que puede llegar hasta el 40-50% de 1 RM).

Para las ventajas e inconvenientes de estos métodos remitimos a la primera parte.

EL PRINCIPIO DEL CONTRASTE DE LAS CARGAS O MÉTODO BÚLGARO

Partir con tres métodos para construir un entrenamiento de fuerza que sea variado constituye una "tour de force". El problema de la musculación tradicional era la monotonía.

El principio del contraste de las cargas es un avance interesante. Como las primeras proposiciones en este sentido proceden de Bulgaria, se le dio el nombre de método búlgaro a este principio.

EL MÉTODO BÚLGARO CLÁSICO

Consiste en alternar en la misma sesión series con cargas pesadas (6 RM) y series con cargas ligeras (40-50% de 1 RM). Los dos tipos de series se ejecutarán a velocidad máxima. A pesar de la voluntad del atleta para aplicar este principio, la carga se mueve lentamente en las series pesadas y rápidamente en las series ligeras. Tenemos entonces un contraste de cargas y de velocidad de ejecución.

Se solicita el músculo de manera diferente y sobre todo se evita al atleta una sesión con series idénticas que pueden acarrear una fatiga tanto psicológica como física, perjudicial para la eficacia del entrenamiento.

Método búlgaro	Número de series	Número de repeticiones	Carga en % del máximo	Número de veces totales que se puede repetir
Ejemplo n.º 1	5 3	6 6	60 30	2
Ejemplo n.º 2	5 3	5 6-8	70 35	2
Ejemplo n.º 3	5 3	4 6-8	80 40	2

Figura 39. Ejemplos de métodos búlgaros clásicos aportados por Tschienie (1977).

Hemos ampliado el principio de los contrastes para sistematizarlo como muestra la figura 40.

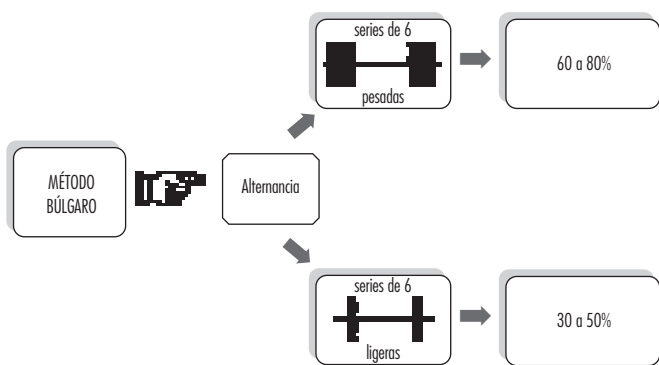


Figura 40. Principio general del método búlgaro.

El número total de series puede llegar hasta 20.

LAS VARIANTES DEL MÉTODO BÚLGARO

Las variantes del método búlgaro son numerosas y van a depender del desarrollo de las series (figura 41).

Entre las cinco posibilidades propuestas en la figura 41, las dos primeras nos parecen las más interesantes para la mayoría de las disciplinas. Las tres restantes conciernen más particularmente a la halterofilia.

LAS EXTENSIONES DEL MÉTODO BÚLGARO Con los métodos de Zatsiorski

Aquí vamos a guardar el principio del contraste para aplicarlo a los métodos como Zatsiorski los ha definido:

- Esfuerzos máximos: EM.
- Esfuerzos repetidos: ER.
- Esfuerzos dinámicos: ED.

El método búlgaro es entonces una alternativa de ER y ED. Podremos ver una alternancia con otros métodos:

- Alternancia EM y ED.
- Alternancia EM y ER.
- Alternancia EM, ED y ER.

Se amplía así la paleta de los contrastes y descubrimos nuevas posibilidades.

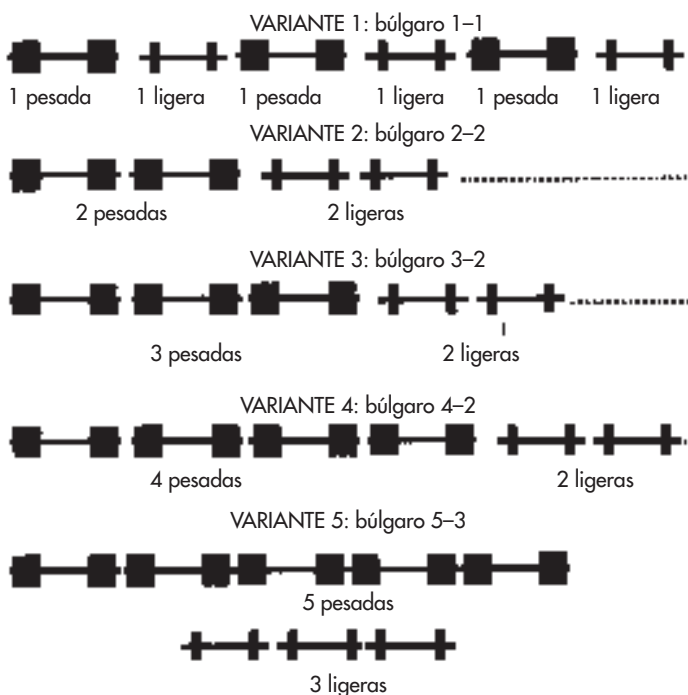


Figura 41. Las variantes del método búlgaro.

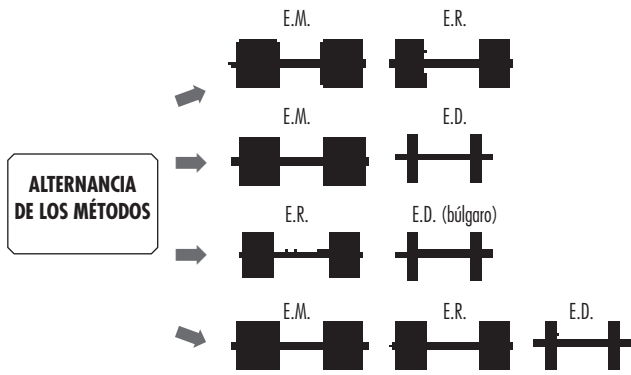


Figura 42. El principio del contraste aplicado a los métodos de Zatsiorski.

La pareja EM-ER nos va a dar por ejemplo:

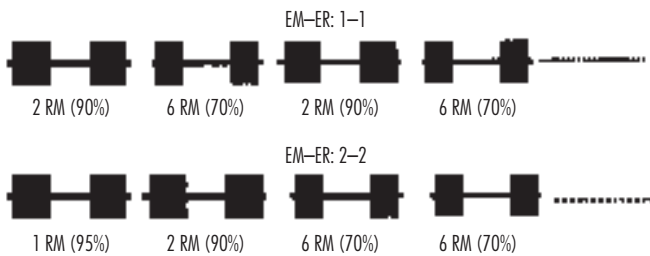


Figura 43. Ejemplo de alternancia EM-ER

El tiempo de descanso entre las series EM es de 5 a 7 min. y de 3 a 5 min. entre las series de ER.

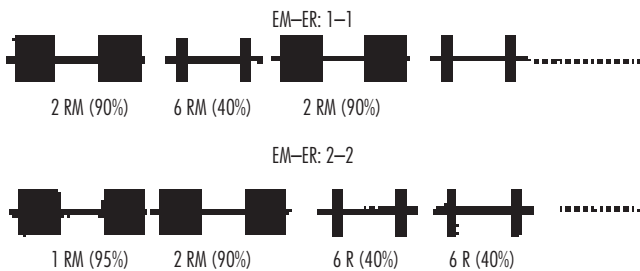


Figura 44. Principales modalidades de acoplamiento EM-ER.

El mismo tiempo puede ser seguido por la combinación EM-ED o EM-ER-ED (figs. 44 y 45).

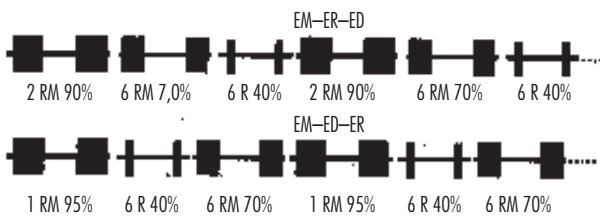


Figura 45. Ejemplo de combinaciones EM-ER-ED.

Para todas las proposiciones precedentes el número total de series oscila entre 12 y 20 según:

- el nivel de los atletas,
- la disciplina deportiva (los atletas poco entrenados en fuerza se contentan con 12 series),
- el período del año (20 en período de preparación y 12 en período de competición).

Los contrastes acentuados (con ejercicios sin cargas)

El método búlgaro que procede de la halterofilia solamente toma en cuenta los ejercicios con cargas. Pero podemos respetar el principio del contraste introduciendo ejercicios sin cargas. Esta solución es muy interesante en el caso de disciplinas con carácter explosivo (donde el atleta trabaja con todo su cuerpo: atletismo, deportes colectivos...) y para los atletas jóvenes. Hemos elegido ejercicios simples que exigen una contracción concéntrica (figs. 46 y 47).

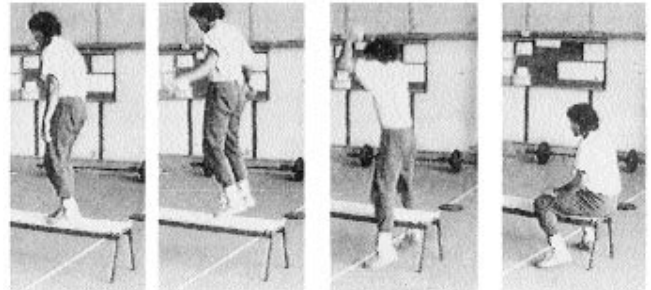


Figura 46. Ejercicio concéntrico sin carga (lo llamaremos banco sentado).

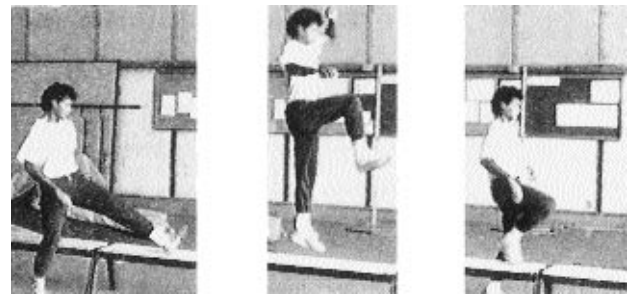


Figura 47. Ejercicio concéntrico sin carga (lo llamaremos banco de pie).

En estos dos ejercicios (fig. 46 y 47) la ejecución se hace a velocidad máxima; nos encontramos, pues, en el caso de Esfuerzos Dinámicos (ED).

Podremos en todos los ejemplos precedentes reemplazar ED por uno u otro de los dos ejercicios (banco de pie o banco sentado).

La ventaja de las alternancias de los ejercicios con cargas (EM o ER) y sin carga reside en la acentuación del efecto de contraste (tensión intensa sobre carga pesada-velocidad de ejecución con el propio peso del cuerpo).

Hay que elegir ejercicios simples que no planteen problemas técnicos en su realización. En efecto, la fatiga causada por los ejercicios con cargas puede provocar una mala ejecución.

La figura 48 muestra 3 ejemplos de combinaciones “cargas sin carga”. La primera, la más sencilla, muestra los esfuerzos repetidos y el trabajo sin carga. Hemos cambiado el ejercicio sin carga para más variedad, ya que podría repetirse el mismo.

La segunda introduce los EM y está reservada a los atletas confirmados.

La tercera nos muestra una síntesis de las 2 precedentes y es la más eficaz.

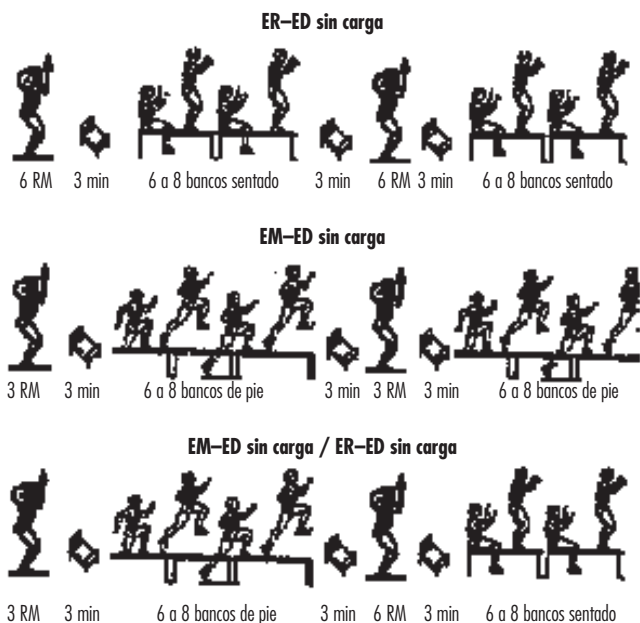


Figura 48. Ejemplos de encadenamientos con cargas y sin cargas.

EL PRINCIPIO DE CONTRASTES EN LA SERIE O “MÉTODO BÚLGARO” EN LA SERIE

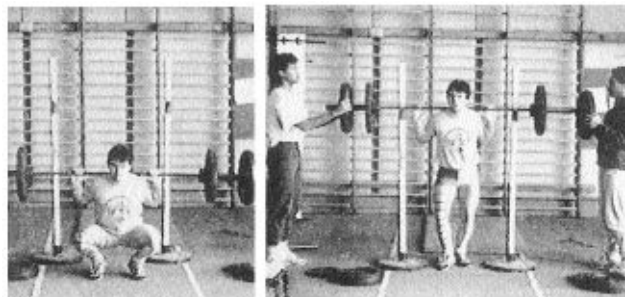
Es interesante un efecto de contraste de una serie a otra, pero nos ha parecido que podíamos aplicar el principio en el interior de una serie.

Las variantes del “búlgaro en la serie”

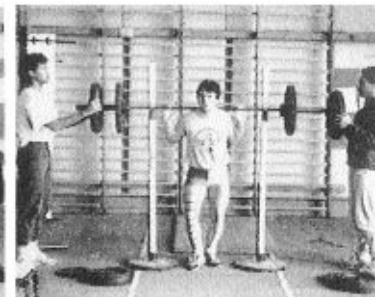
CARGAS MÁXIMAS – CARGAS LIGERAS

En este tipo de métodos, las cargas pesadas son superiores al 85 % de una RM y las cargas ligeras corresponden a porcentajes del 30 al 50 %.

Estos métodos pueden utilizarse para una estimulación de la fuerza en período de competición.



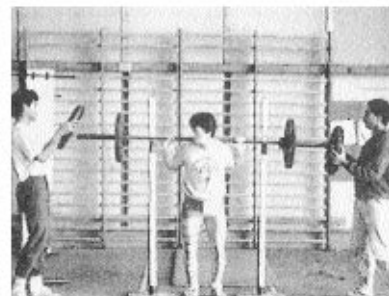
2 repeticiones al 70%



Aligerar un 20%



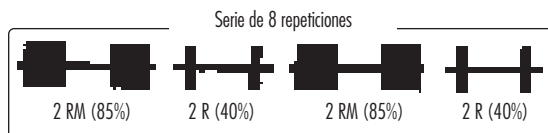
2 repeticiones al 50%



Cargar un 20%

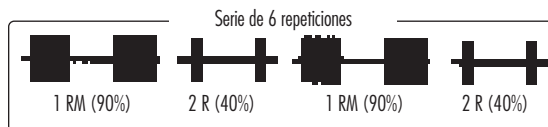
Figura 49. El método búlgaro en la serie.

Variante: 2 – 2 – 2 – 2



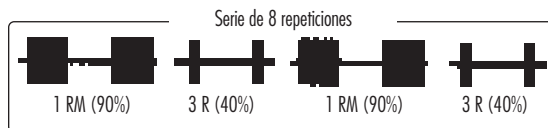
6 a 10 series

Variante: 1 – 2 – 1 – 2



6 a 10 series

Variante: 1 – 3 – 1 – 3



6 a 10 series

Figura 50. Las variantes del “búlgaro en la serie” con cargas máximas y ligeras.

CARGAS MEDIAS – CARGAS LIGERAS

Las cargas medias corresponden a 6 RM (70 a 80%) y las cargas ligeras son siempre del 30 al 50%. Estos métodos se utilizan sobre todo en el período de invierno, bastante alejados de las competiciones.

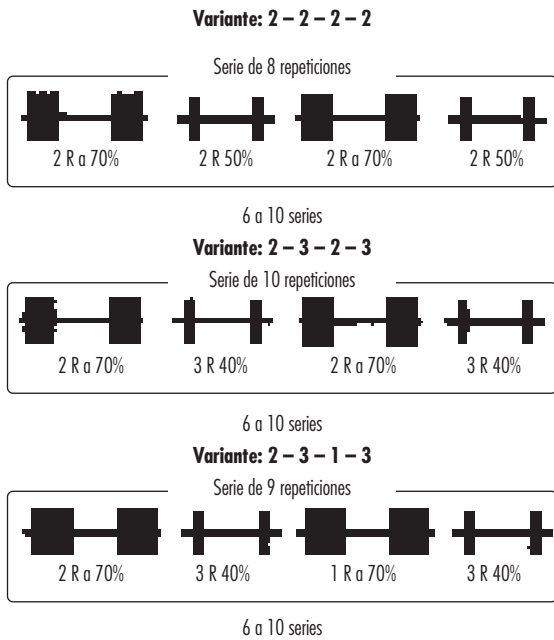


Figura 51. Las variantes del “búlgaro en la serie” con cargas medias y ligeras.

El número de series por sesión va de 6 a 10. Estas series son en efecto más difíciles que la series búlgaras clásicas.

LOS CONTRASTES ACENTUADOS (CON EJERCICIOS SIN CARGA)

La figura 52 muestra ejemplos de parejas de ejercicios con y sin cargas. Cabe observar posibilidad de trabajar con cargas máximas o medias. El número de series por método oscila de 4 a 8. Esos métodos son interesantes en los períodos de invierno y de competición.

En el período invernal el número de series puede aumentar hasta 8. Se practicarán entonces los métodos que tienen esfuerzos repetidos. Será interesante pasar rápidamente a los métodos con esfuerzos máximos.

Durante el período de competición se disminuye el número de series (hasta 4) y sólo se guardan los esfuerzos máximos como base de trabajo.

El encadenamiento entre los ejercicios con y sin cargas debe realizarse rápidamente.

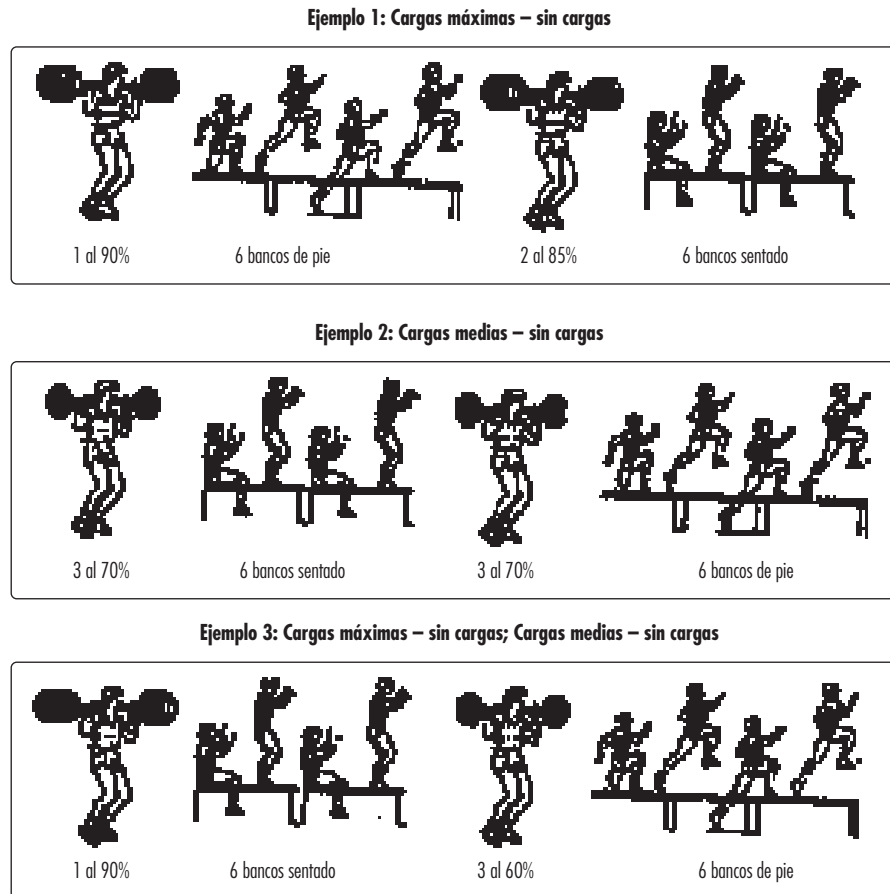


Figura 52. El “búlgaro en la serie” acentuado.

Hasta ahora sólo habíamos ilustrado los diferentes métodos sobre el trabajo de las piernas.

Es evidentemente posible aplicar los mismos principios en los ejercicios específicos del tren superior del cuerpo que son preferentemente:

- las arrancadas,
- los desarrollos acostados (press-banca),
- los pull-overs.

Vamos a dar algunos ejemplos sobre los press-banca y los pull-overs.

CON PRESS-BANCA

El ejemplo n.º 1 de la figura 53 muestra el búlgaro clásico (no sufre variaciones respecto a los squats).

El ejemplo n.º 2 introduce ejercicios sin carga, aquí los fondos (flexiones de brazos en decúbito prono).

Para que este encadenamiento sea eficaz el atleta debe realizar al menos de 10 a 15 fondos en el test máximo, de manera que de 4 a 6 repeticiones representen el 50% de su máximo.

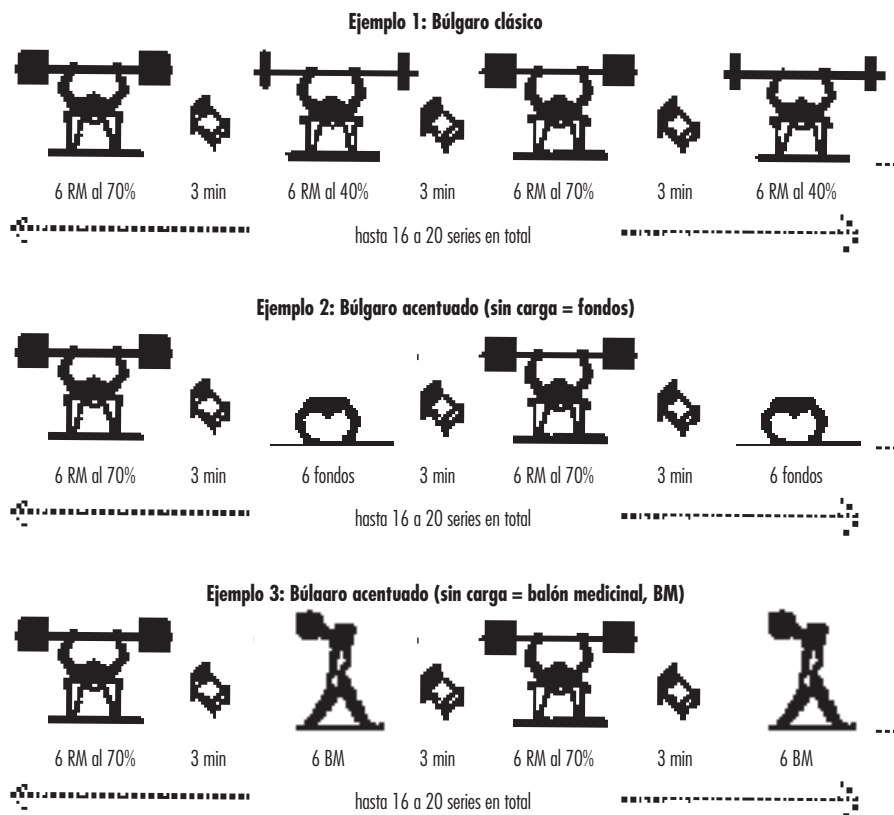


Figura 53. Ejemplos de sesiones "búlgaras" para los brazos con press-banca.

Si no es el caso (el atleta solamente realiza de 4 a 8 fondos como máximo), es necesario simplificar la situación colocando las manos por encima de los pies (fig. 54).

CON LOS PULL-OVERS

Hemos mencionado el trabajo con el balón medicinal como único ejemplo del trabajo sin carga, los balones lastrados (con una

mano) constituyen otra alternativa. El peso de estos balones es 2 kg para las chicas y 3 kg para los chicos. Para las pelotas con una mano, el peso es 1 kg (chicas) y 2 kg (chicos) máximo (gesto del lanzador de jabalina).



Figura 54. Fondos inclinados.

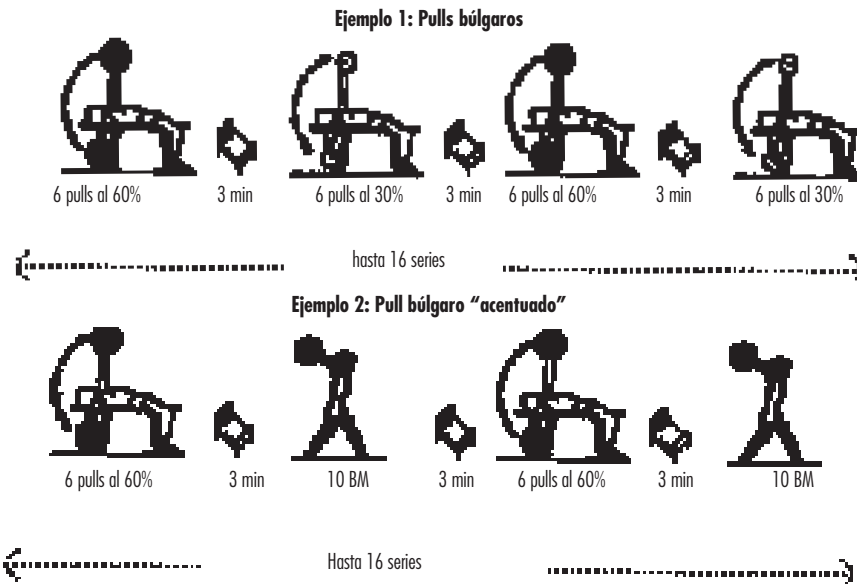
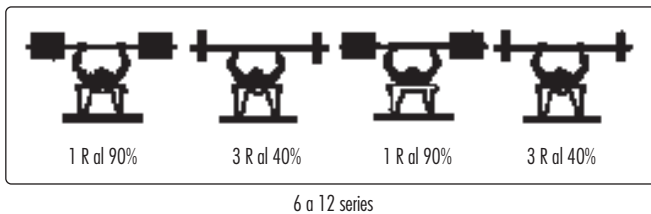


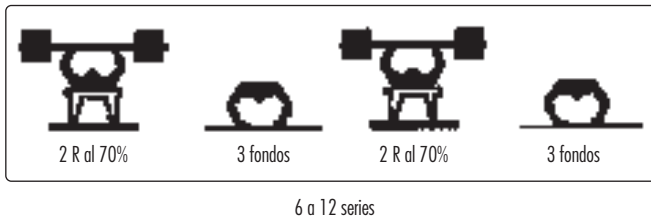
Figura 55. Método búlgaro para los pull-overs.

El búlgaro en la serie

Ejemplo 1: Búlgaro en la serie



Ejemplo 2: Búlgaro en la serie acentuado (sin carga = fondos)



Ejemplo 3: Búlgaro en la serie acentuado (sin carga = balón medicinal)

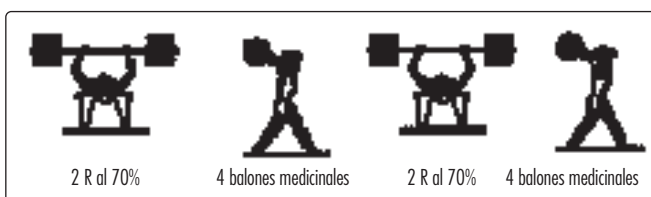


Figura 56. Ejemplo de trabajo "búlgaro en la serie".

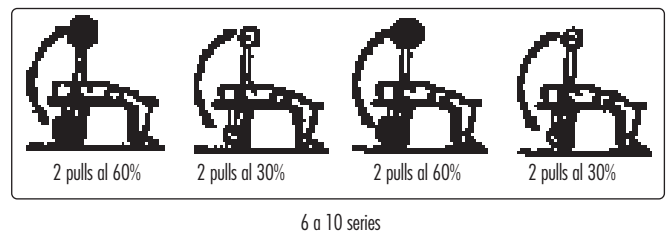
CON PRESS-BANCA

Los ejercicios son los mismos que los precedentes. Sólo cambia el encadenamiento.

CON LOS PULL-OVERS

El principio es el mismo que en el press-banca, las cargas son sin embargo inferiores para el movimiento del pull-over. En el caso del búlgaro acentuado el balón medicinal puede ser sustituido por lanzamientos de balones lastrados (1 a 2 kg) sin impulso.

Ejemplo 1: Pulls búlgaro en la serie



Ejemplo 2: Pulls búlgaro en la serie acentuado

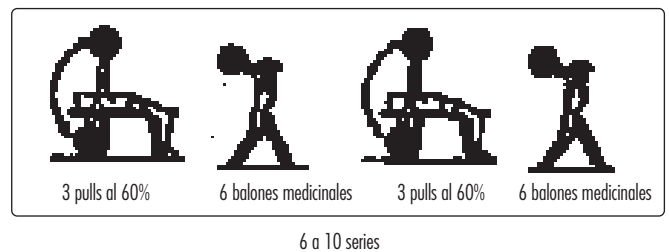


Figura 57. El búlgaro en la serie para los pull-overs.

Veremos en los ejemplos propuestos al final de este libro que el método puede por extensión adaptarse a la especialidad.

Para eso basta encadenar el movimiento de musculación (pull o press-banca), el movimiento dinámico (balón medicinal) y el gesto de la disciplina (voleibol, lanzamiento de pelota, etc.) (fig 58).

La sesión es eficaz a partir de 4 series. No se aconseja ir más allá de 8 series.

Llamaremos este procedimiento: "búlgaro acentuado orientado".

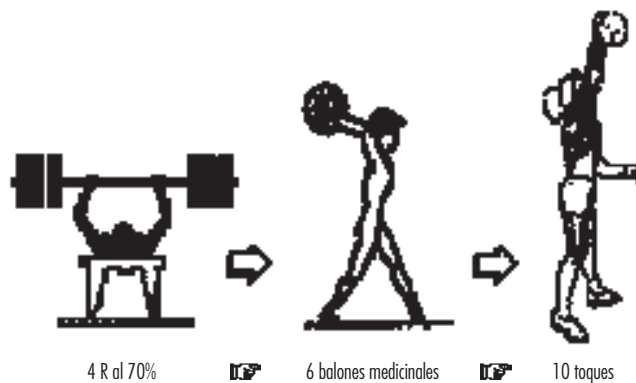


Figura 58. Ejemplo de encadenamiento de ejercicio con cargas, ejercicio sin cargas, ejercicio específico (aquí toques de voleibol).

RESUMEN DE LOS MÉTODOS POR CONTRASTE (BÚLGARO)

La figura 59 muestra la lógica de los distintos métodos basados en el principio del contraste.

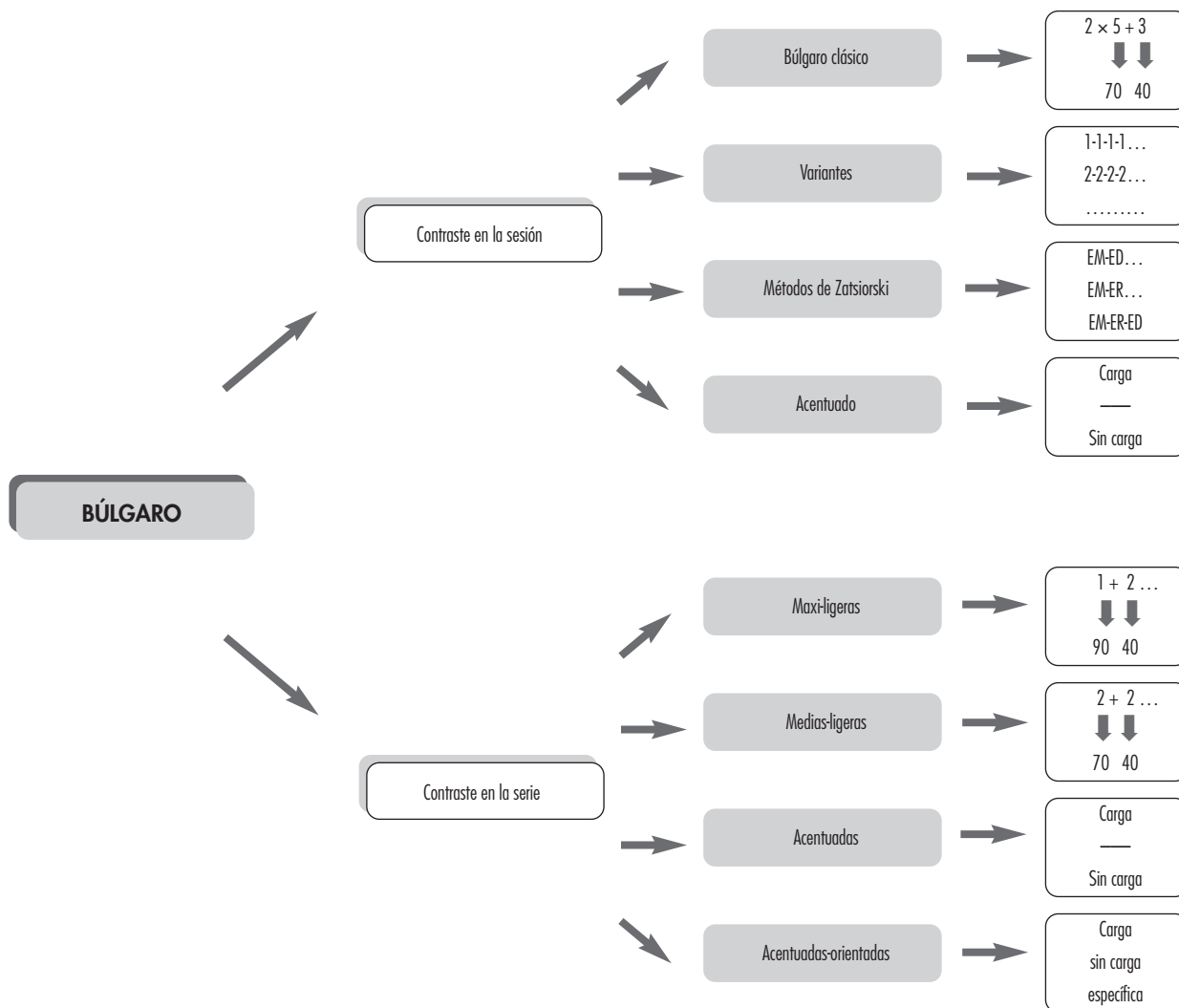


Figura 59. Resumen de los métodos por contraste.

EL PRINCIPIO DE LA CARGA DESCENDENTE

Vamos a ver ahora el segundo principio (después del contraste) que nos hace descubrir métodos que están entre los más eficaces. Como los datos teóricos han demostrado (ver primera parte, pág. 78), si efectuamos durante una sesión variantes del número de RM por serie es preferible comenzar por las cargas pesadas (series de 1 a 3 RM) al principio de la sesión y terminar con cargas menos pesadas (4 a 8 RM máximo). Por sentido común deberíamos realizar aumento progresivo de la carga, pero los datos fisiológicos demuestran lo contrario. Podemos comprobar esto de manera sencilla.

El método de esfuerzos máximos es el más eficaz (para actuar sobre los factores nerviosos) y es necesario que el organismo se encuentre "fresco" (pero tiene que estar caliente-acondicionado). Si practicamos esfuerzos repetidos antes, su impacto será inferior (las adquisiciones nerviosas no se harán en un organismo cansado). Pero en cambio los esfuerzos máximos no pueden tolerar un número de series importantes, lo que limita la ganancia de fuerza, podemos entonces prolongar con esfuerzos repetidos para aumentar la cantidad de trabajo.

Distinguiremos 2 modalidades de aplicación de este principio:

- Disminuir la carga en la sesión.
- Disminuir la carga en la serie.

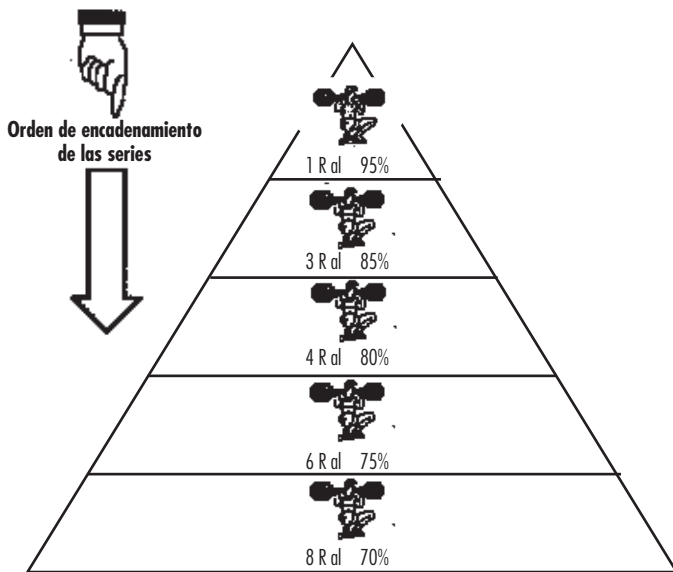


Figura 60. El método de la carga descendente en la sesión.

LA CARGA DESCENDENTE EN LA SESIÓN La pirámide descendente

Hablamos de una pirámide descendente (fig. 60).

Consiste en encadenar esfuerzos máximos y esfuerzos repetidos. Los tiempos de recuperación son de 5 a 7 min al principio de

la sesión y de 3 a 5 min para las últimas series. Para aumentar la sesión se puede doblar algunas series:

Ejemplo: 1R al 95%, 2 x 2 al 90%, 2 x 3 al 85%, 2 x 4 al 80%, 3 x 6 al 75%, 2 x 8 al 70%.

Este método es agotado, se aconseja utilizarlo una sola vez por semana. Únicamente es interesante en el período de invierno.

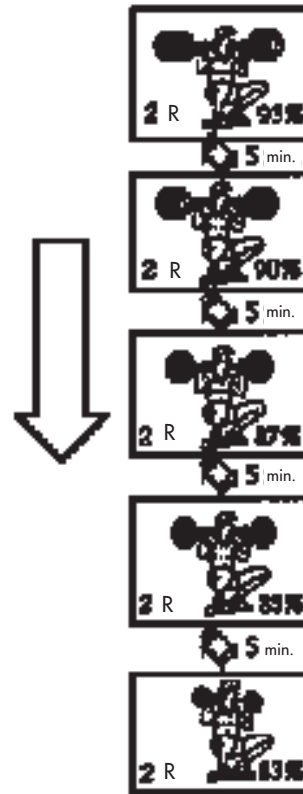


Figura 61. El método de la carga descendente con repeticiones fijas.

La carga descendente con repeticiones fijas

Esta vez pretendemos quedarnos en los esfuerzos máximos. Como a lo largo de las series se presenta la fatiga, entonces se disminuye progresivamente la carga.

El tiempo de recuperación entre las series para el ejemplo dado son de 5 min. Cuando este método (fig. 61) es demasiado fácil para el atleta, se doblan cada una de las series, lo que da:

2 x 2 al 95%, 2 x 2 al 90%, 2 x 2 al 87%, 2 x 2 al 85%, 2 x 2 al 83%

LA CARGA DESCENDENTE EN LA SESIÓN

Es aquí donde la carga descendente desempeña el papel más importante. De esta manera cada serie va a ser mucho más eficaz. Podremos hacer series de esfuerzos máximos de 6 a 8 repeticiones. El atleta comienza su serie con una carga pesada (90 a 95%)

y continúa quitando progresivamente carga a lo largo de las repeticiones.

Es uno de los métodos más eficaces que conocemos, pero también es uno de los más agotadores.

Entre cada serie la recuperación debe ser máxima (de 7 a 10 min). El número de series tolerado es de 4 a 8 según el nivel del atleta.

Este método es utilizable después de 2 o 3 ciclos de recuperación del entrenamiento cuando el atleta busca una ganancia de fuerza importante. Hay que estar preparado para abordar este método. Ha de programarse también lejos de las competiciones.

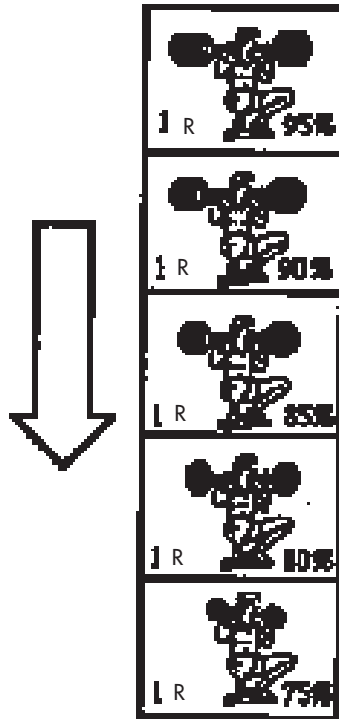


Figura 62. El método de la carga descendente en la serie.

EL PRINCIPIO DE LA CARGA ASCENDENTE

Hemos visto en la primera parte (pág. 78) que este procedimiento presenta poco interés desde un punto de vista fisiológico. Este método llamado de la pirámide es, sin embargo, muy conocido; sólo es interesante para ejecutar tests y prepararse para las cargas pesadas. Para los atletas poco entrenados en fuerza este método puede ser muy eficaz.

Ejemplo: 1 x 8 al 70%, 1 x 6 al 75%, 1 x 5 al 80%, 1 x 4 al 85%, 1 x 3 al 87%, 1 al 90%, 1 al 95%.

Sólo la pirámide en la serie presenta interés.

Este método contiene un número de repeticiones importantes que lo aproxima a los esfuerzos repetidos e incluso a métodos de la masa muscular; por tanto, propondremos otra alternativa más cerca de los esfuerzos máximos.

Variante: 2 R al 70%, 1 R al 90%, 2 R al 70%.

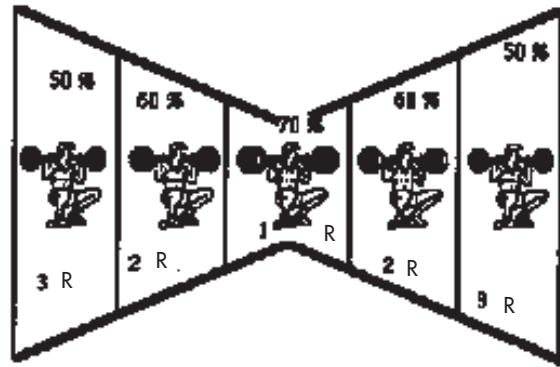


Figura 63. La pirámide en la serie.

LA PRE-FATIGA

Ya la hemos visto antes, pero la estudiaremos de nuevo en el caso de los métodos concéntricos, porque nos parece que presenta ventajas particulares:

- Un interés pedagógico:
 - Permite cansar un grupo de músculos y en seguida abordar un ejercicio completo (el squat por ejemplo) sin riesgo para los músculos indirectamente implicados (aquí la espalda).
 - Las cargas utilizadas son así menos pesadas.
 - Es más específico para un grupo muscular.
- Un interés fisiológico:
 - Los músculos fatigados pueden trabajar mucho mejor desde el principio, incluso en los esfuerzos repetidos.

Una serie se compone de 6 a 12 RM de pre-fatiga en un ejercicio analítico y de 6 repeticiones al 60%. El número de series es de 6 a 12.

El lugar de este método en el año se sitúa en el invierno.

La presencia de la palabra fatiga refleja el peligro de practicarla en competición.



Figura 64. La pre-fatiga.

MÉTODO VOLUNTARIO (O CONCÉNTRICO PURO)

Si realizamos un análisis más minucioso, todos los ejercicios que proponemos bajo el nombre "concéntrico" son ejercicios mixtos, ya que presentan todos una fase excéntrica (la fase de descenso en el squat por ejemplo). Se permite ignorarla, ya que la carga no es suficiente la mayoría de las veces para que esta fase se pueda tomar en cuenta.

En efecto, la fase excéntrica presenta riesgos de perturbar la eficacia de un trabajo concéntrico a causa de las secuelas que provoca en la estructura del músculo (demostrado en la primera parte). Hemos visto aparecer métodos que intentan suprimir la fase negativa. Estos métodos se llaman concéntricos puros (porque prescinden de la fase excéntrica). Encuentran la justificación fisiológica en la actividad nerviosa desarrollada por el atleta (primera parte, pág. 85). Obligan al sujeto a concentrar toda su voluntad en la fase positiva. Este método será esencial para preparar las competiciones. En su realización supone, idealmente, el material para permitir la fase descendente sin esfuerzo y sin riesgo por parte del atleta.

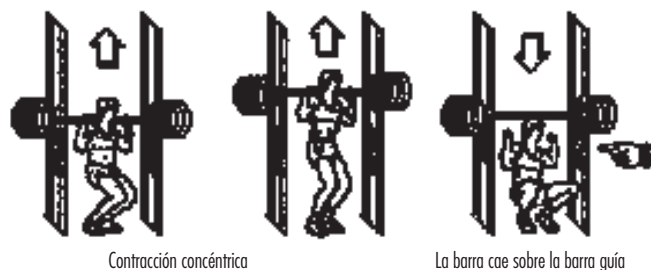


Figura 65. El método voluntario (ejemplo de squat con barra guía).

En la figura 65 el atleta empieza su esfuerzo mientras que la carga descansa en la barra guía. Se concentra y empuja de manera explosiva. Deja recaer la barra sola en la barra guía y se aparta. Cuando ésta se estabiliza empieza de nuevo.

Se puede imaginar también este método sin material en el caso de press-banca. La fase descendente se frena lo menos posible por el sujeto, para la barra en el pecho, se concentra y la levanta con una inversión nerviosa máxima (es decir, lo más rápido posible).

El número de repeticiones por serie es 6, la carga corresponde al 60-80% y el número de series es de 4 a 8.

Este tipo de sesión se sitúa en las 3 últimas semanas antes de una competición.

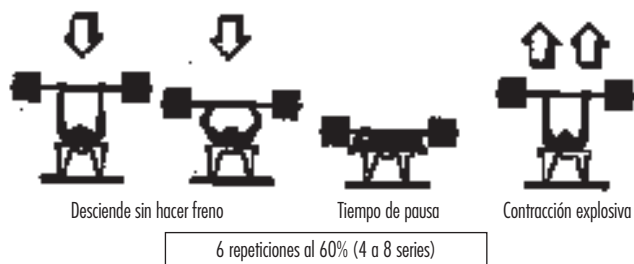


Figura 66. El método voluntario (press-banca).

LOS EJERCICIOS CONCÉNTRICOS "NATURALES"

Ya hemos visto que el trabajo concéntrico se podía efectuar sin carga (véanse los bancos de pie y los bancos sentados, figs. 46 y 47). Cuando observamos los ejercicios "naturales" de entrenamiento encontramos situaciones donde el dominio es concéntrico. Es el caso de la carrera en cuesta, las escaleras, los trabajos sobre una pierna.



Figura 67. Ejercicios de dominio concéntrico.

Podemos encontrar también movimientos simples que necesitan una contracción concéntrica intensa, por ejemplo, los ejercicios sobre una pierna (fig. 68). El trabajo sobre una pierna permite acercarse a la contracción máxima. Para la bajada en cambio se puede disminuir la fase excéntrica sirviéndose de las dos piernas.

El pedaleo en bicicleta es un ejercicio esencialmente concéntrico (fig. 69).



Figura 68. Ejercicio concéntrico sobre una pierna.

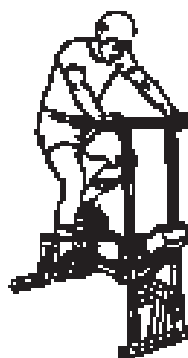


Figura 69. Ejercicio de pedaleo esencialmente concéntrico.

Para el tren superior podemos también ilustrar el trabajo concéntrico en los ejercicios con balón medicinal (BM).

En el lanzamiento del balón medicinal con dos manos (saque de fútbol) el movimiento es espontáneamente pliométrico (fase excéntrica de estiramiento seguida de una fase concéntrica).

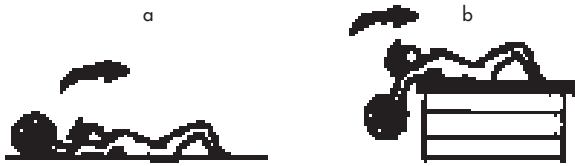


Figura 70. Ejercicios concéntricos con balón medicinal.

Para trabajar la fase concéntrica basta con empezar el movimiento al final de una posición de estiramiento, o sea, cuando uno está acostado en el suelo (a), lo que impide moverse, o también en posición de relajamiento (b).

RESUMEN DE LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS

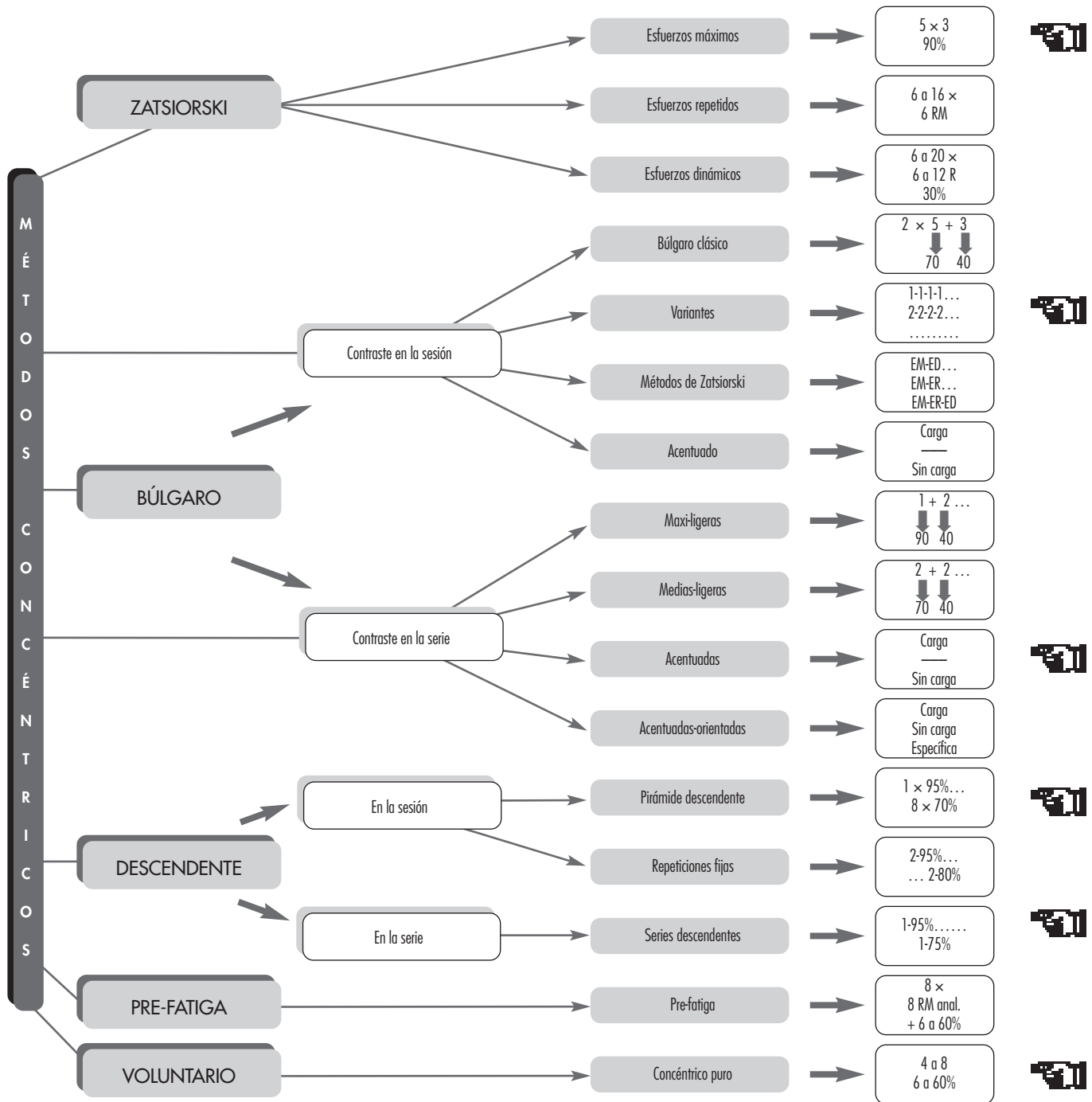


Figura 71. Los métodos concéntricos.

Hemos representado en la figura 71 un resumen de los métodos concéntricos subrayando los que nos parecen más eficaces.

PLANIFICACIÓN DE EJERCICIOS CONCÉNTRICOS
EFFECTO INMEDIATO, EFFECTO RETARDADO, EFFECTOS ACUMULADOS

Estos conceptos de Vercoshanski (1982) son esenciales para la planificación del entrenamiento. Cubren tanto las intuiciones como los conocimientos científicos verificados. Las ilustraciones que vamos a ver están extraídas de nuestra práctica de la musculación.

El efecto inmediato

LA RECUPERACIÓN

El efecto "inmediato" corresponde a las consecuencias perceptibles (agujetas, descenso del rendimiento de la fuerza y la capacidad elástica por ejemplo) en los días que siguen a una sesión de musculación (10 días como máximo).

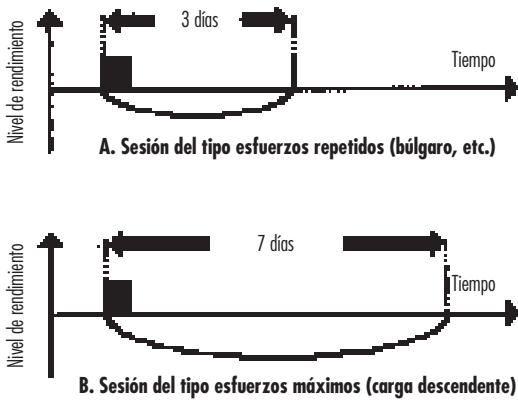


Figura 72. Efecto inmediato de los métodos concéntricos.

Se trata más o menos del tiempo de recuperación de una sesión. Constatamos que 3 y 7 días son los plazos medios para recuperarse de los dos tipos de sesión.

EL CICLO

En realidad no nos basamos en la sesión para planificar el entrenamiento sino en el ciclo. Vamos a adecuar las sesiones para obtener la mejor eficacia del ciclo, incluso si para cada sesión la recuperación no es completa.

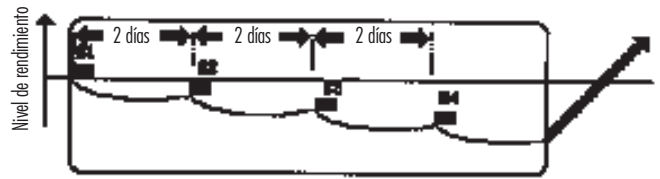


Figura 73. Encadenamiento de las sesiones en el ciclo.

La experiencia nos ha demostrado que para esfuerzos repetidos las sesiones pueden encadenarse cada 2 días. Para esfuerzos máximos no hay que ir más allá de una sesión por semana. El equilibrio ideal es: 1 sesión de esfuerzos máximos y 2 de esfuerzos repetidos por semana (fig. 74). El descanso se considera desde el punto de vista del trabajo de musculación (el atleta hace un entrenamiento de carrera por ejemplo) salvo el domingo, cuando reposa por completo.

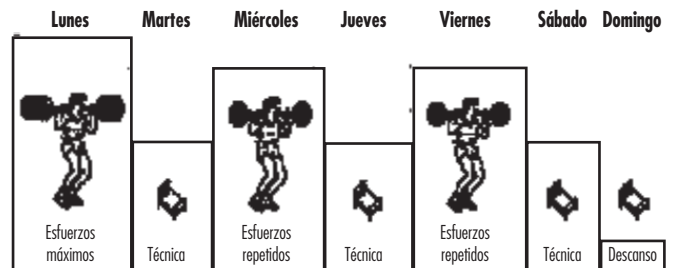


Figura 74. La semana de trabajo en musculación.

El efecto retardado

Tiene que ver en general con el efecto de un ciclo. Puede comprender hasta 3 meses en el caso del trabajo excéntrico. Es extremadamente variable según los métodos empleados para el régimen concéntrico. En el trabajo de un ciclo cabe esperar una recuperación del nivel de rendimiento. Las ilustraciones siguientes sólo son verificables en atletas entrenados.

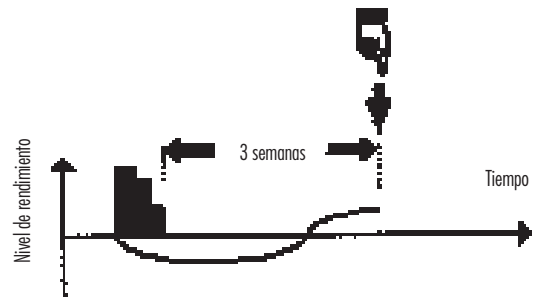


Figura 75. Efecto retardado de un ciclo de trabajo concéntrico sobre la base de esfuerzos repetidos.

El efecto retardado de un ciclo de trabajo concéntrico “clásico” (esfuerzos repetidos) se produce más o menos 3 semanas más tarde. Si forzamos el ciclo podemos pasar este plazo a 6 semanas.

El ciclo voluntario no presenta efecto retardado y permite, por el contrario, aumentar el rendimiento desde el principio (fig. 76).

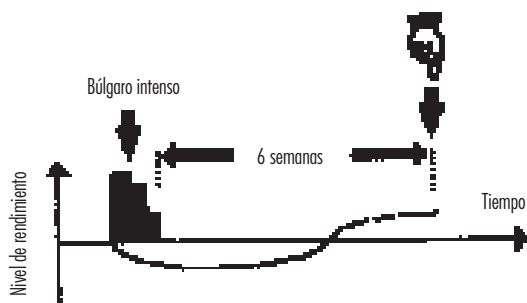


Figura 76. Efecto retardado en un ciclo de trabajo concéntrico intenso (búlgaro con 16 a 20 series, por ejemplo).

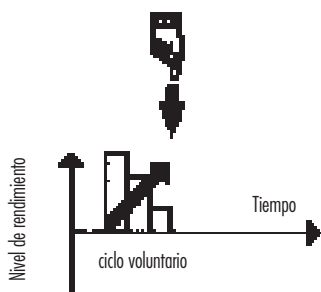


Figura 77. Efecto retardado de un ciclo voluntario.

El efecto acumulado

Se trata de distribuir los ciclos de manera que sus efectos se acumulen.

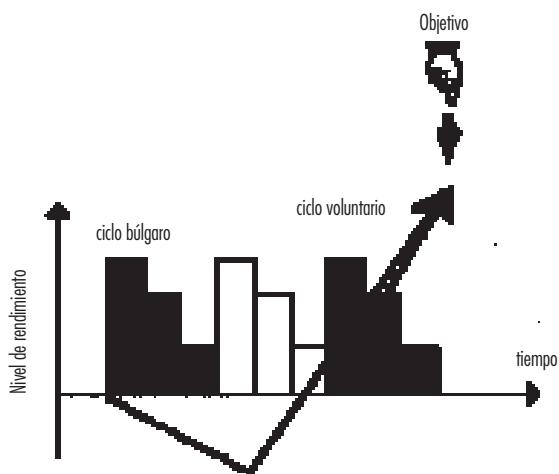


Figura 78. Efecto acumulado de dos ciclos concéntricos.

Esta noción encontrará todo su valor cuando hayamos considerado todos los tipos de contracciones.

El cuadro siguiente (fig. 79) indica en qué momento programar los métodos para explotar mejor la acumulación de sus efectos.

PLANIFICACIÓN DE MÉTODOS CONCÉNTRICOS EN EL AÑO

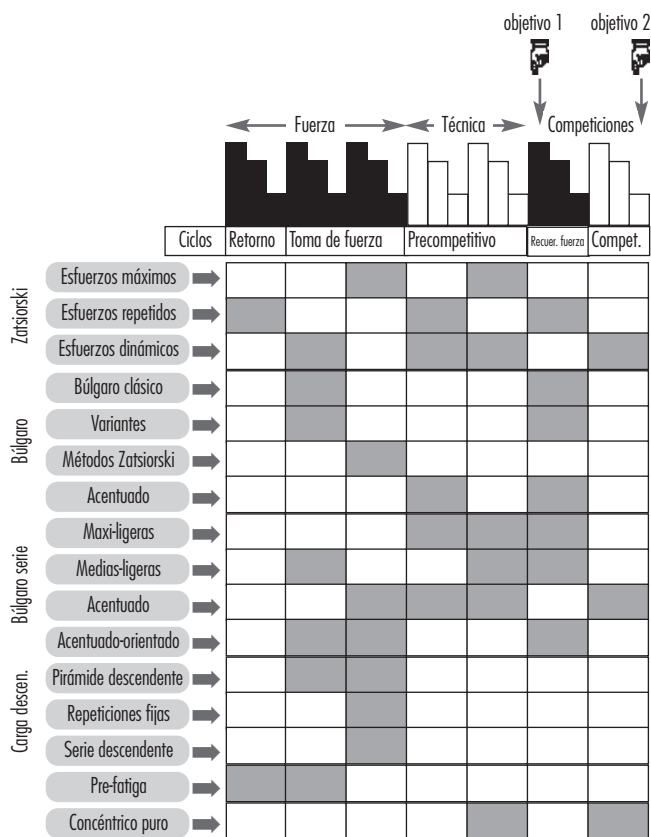


Figura 79. Los métodos concéntricos y su utilización durante el año.

La figura 79 muestra los ciclos en el año y los métodos concéntricos. Para entender mejor este cuadro hay que tener en cuenta los datos siguientes:

- Las tres barras verticales representan un ciclo de 3 semanas.
- El cuadro se lee de la siguiente manera:
 - en el ciclo hay que tomar un método y sólo uno (si lo deseamos podemos tomar un método por semana cuando el cuadro propone varios). De todas formas hay que pensar que todos los métodos que figuran en un ciclo deben ser empleados a partir de la elección del entrenador en función del material, de su intuición o la del atleta;
 - un método no debe ser practicado más de 3 semanas seguidas.

- Esta planificación está orientada a los atletas confirmados.
- Será modulado con los otros regímenes de contracción.

LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS Y EL NIVEL DEL ATLETA

La figura 80 solamente constituye una indicación. El número de métodos disponibles para los jóvenes parece escaso; en efecto, se enriquecen a lo largo de los diferentes tipos de contracción. Vamos a retener, pues, los esfuerzos dinámicos y la pre-fatiga (adaptada como la veremos con la isometría) como medios privilegiados en los jóvenes.

En lo que concierne a los principiantes (entendemos por principiante tanto adultos como jóvenes seleccionados o también atletas de alto nivel para disciplinas que practican de vez en cuando la musculación), vemos aparecer el método de esfuerzos repetidos y todos los procedimientos que le son cercanos (búlgaro).

Los atletas confirmados (atletas de alto nivel que practican disciplinas no centradas en la fuerza [deportes colectivos, por ejemplo]) acceden a todos los métodos a excepción de la carga descendente.

El atleta de alto nivel accede a todos los métodos.




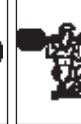
					
		Jóvenes	Principiantes	Especialización	Alto nivel
Zatsiorski	Esfuerzos máximos				
	Esfuerzos repetidos				
	Esfuerzos dinámicos				
Búlgaro	Búlgaro clásico				
	Variantes				
	Métodos Zatsiorski				
Búlgaro serie	Acentuado				
	Maxi-ligeras				
	Medias-ligeras				
	Acentuado				
Búlgaro descen.	Acentuado-orientado				
	Pirámide descendente				
	Repeticiones fijas				
	Serie descendente				
	Pre-fatiga				
	Concéntrico puro				


Figura 80. Utilización de los métodos en función del nivel de práctica.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS




DELORME, T. and WATKINS, A. (1948): Technique of progressive resistance exercise, *Archiv. Phys. Med Rehabil.*, 29, 263-273.

 FLECK, S.J. and KRAEMER, W.J. (1987): Designing resistance training programs, *Humans Kinetics Books*, Champaign, Illinois.

SCHMIDTBLEICHER, D. (1985): Classification des méthodes d'entraînement en musculation, en *Traduction Insep* n.º 498 (ed. by Insep).

TSCHIENE, P. (1977): Corso di aggiornamento sui lanci (Tirrenia, ottobre 1977), Ed: *Gaetano Dalla Pria*.

VERCOSHANSKI, J.V. (1982): Le basi d'ell'allenamento della forza speciale nello sport, *Moscou*.

 ZATSIORSKI, V. (1966): Les qualités physiques du sportif, en *traduction INS*.

Los métodos isométricos

INTRODUCCIÓN

Vamos a ver los métodos isométricos empezando con las particularidades ligadas a este tipo de trabajo. Después ya veremos cómo los principios válidos para el tipo concéntrico (contraste, pre-fatiga, etc.) pueden aplicarse en el caso de la isometría.

Insistiremos en el hecho de que la contracción isométrica nunca debe ser aplicada sola, por lo que todos los métodos que exponemos estarán sistemáticamente emparejados con el concéntrico.

Guardaremos para después las combinaciones con otros tipos de contracción. Subrayaremos igualmente el interés pedagógico de la isometría.

LAS PARTICULARIDADES DEL ENTRENAMIENTO ISOMÉTRICO

El trabajo concéntrico no necesita un material particular, la isometría es más inhabitual. Vamos a ver primero su originalidad.

LAS DIFERENTES MODALIDADES La isometría sin carga

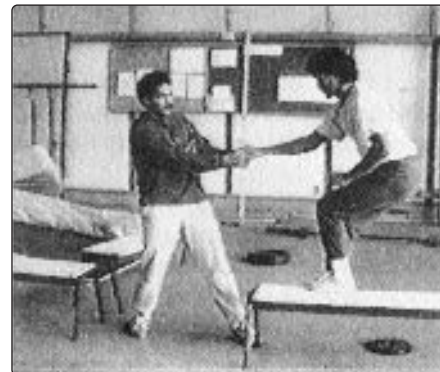
Primero vamos a proponer situaciones simples que pueden hacerse en isometría, sin riesgo y con un mínimo de material. Ilustraremos esto con ayuda de ejercicios que nos parecen esenciales y que permitirán a los entrenadores de todas las disciplinas encontrar ejemplos que les conciernen. Estos ejercicios son los siguientes:

- Extensión de la rodilla (tipo squat).
- Extensión del tobillo.
- Flexiones en el suelo.
- Extensiones.

EJERCICIOS PARA LAS PIERNAS (RODILLA)

- *De pie con una pierna flexionada:*

En esta situación hay que sostener la posición hasta la fatiga en una pierna, después la otra (fig. 81a). Si la posición puede mantenerse más de 20 segundos, hay que añadir una carga



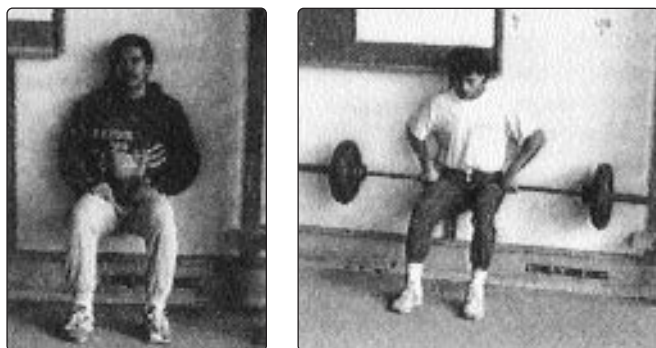
a) Sin carga



b) Con carga

Figura 81. Ejercicio sobre una pierna flexionada.

ligera (chaleco lastrado [fig. 81b] o una barra que se pone en lo alto del muslo). Cuanto más alto sea el nivel del atleta menos tiempo ha de mantenerse la posición (10 segundos máximo).



a) Sin carga

b) Con carga

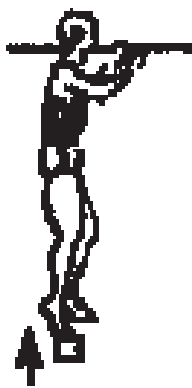
Figura 82. Posición sentada apoyado contra la pared.

– *Posición sentada apoyado contra la pared:*

Se trata igualmente de aguantar el mayor tiempo posible. Puesto que los jóvenes aguantan durante mucho tiempo (a veces más de 5 minutos), hay que añadir una dificultad por medio de una carga (barra o saco de arena). Los criterios de tiempo son del mismo orden que para el ejercicio precedente. Para los jóvenes un tiempo de 30 a 50 segundos, es adecuado al principio.

EJERCICIOS PARA LAS PIERNAS (TOBILLO)

Consiste simplemente en permanecer de puntillas con los pies extendidos (siempre hasta la fatiga). Las dos modalidades son: sobre una pierna sin carga (fig. 83a) o sobre 2 piernas con carga (un compañero por ejemplo, fig. 83b).



a) Sin carga (1 pierna)



b) Con carga (2 piernas)

Figura 83. Trabajo del tríceps.

EJERCICIOS PARA LOS BRAZOS (FLEXIONES EN EL SUELO)

La ventaja de los ejercicios de brazo es que el tiempo de mantenimiento es siempre más débil que para las piernas, la utilización de cargas adicionales es superflua.

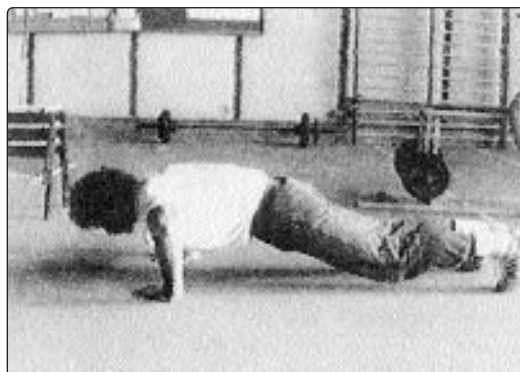


Figura 84. Las flexiones en isometría hasta la fatiga.

EJERCICIOS PARA LOS BRAZOS (FLEXIONES EN BARRA)

Sobre una barra fija o sobre una espaldera hay que mantenerse el mayor tiempo posible.



Mantener hasta la fatiga

Figura 85. Las flexiones en posición isométrica.

La isometría sin carga combinada con el trabajo concéntrico

No se puede trabajar únicamente en isometría en una misma sesión, hay que acoplar los ejercicios precedentes con el trabajo concéntrico. Esto se puede hacer en la sesión o en la serie (fig. 86a) con 2 o 4 elementos (fig. 86b).

La serie de los 7 ejercicios siguientes (fig. 86a, 86b) es muy interesante en el caso de los jóvenes y los principiantes. Podemos ilustrar este principio en los otros grupos musculares, bajo la forma más avanzada correspondiente a E7 (fig. 86b). Después es muy fácil deducir las otras formas más simples (de E1 a E6).

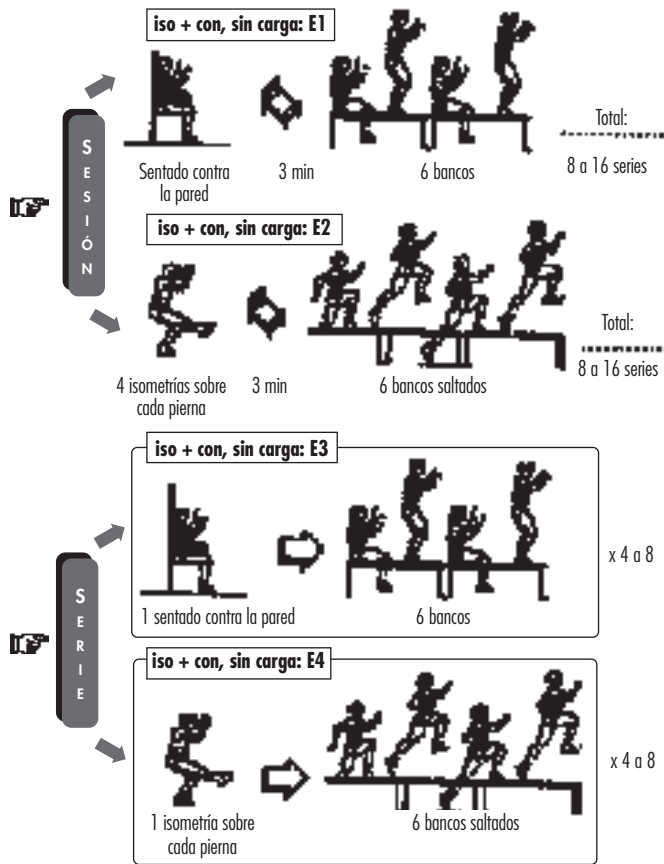


Figura 86a. Ejercicios isométricos-concéntricos sin carga.

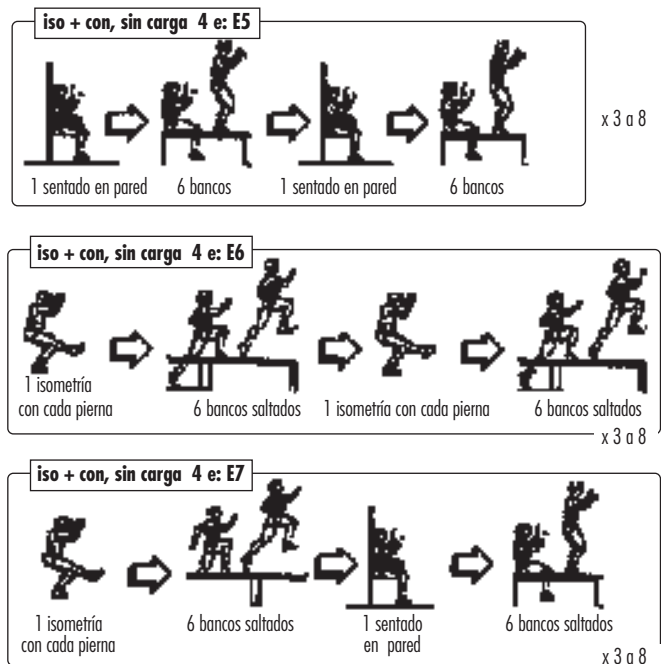


Figura 86b. Ejercicios isométricos concéntricos sin carga con cuatro elementos.

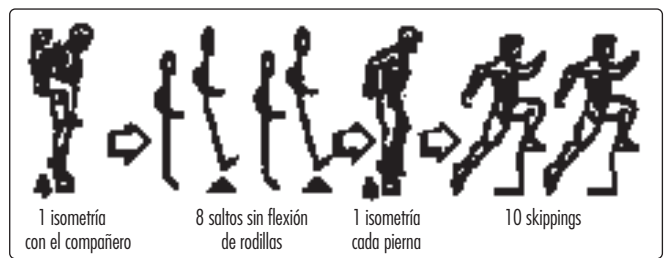


Figura 87. Ejercicio isométrico-concéntrico sin carga centrado sobre el trabajo del tríceps (tobillo).

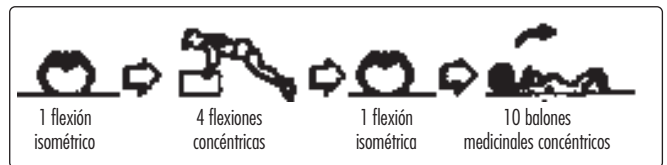


Figura 88a. Ejercicio isométrico-concéntrico de brazos (flexiones en el suelo).

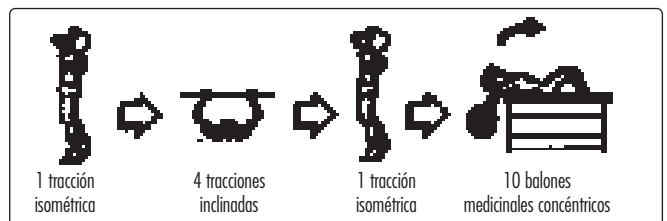


Figura 88b. Ejercicio isométrico-concéntrico de brazos (extensiones).

La isometría con cargas

Vamos a distinguir 3 modalidades principales:

- Isometría máxima (contra una resistencia que no puede moverse).
- Isometría hasta la fatiga total (isometría total). La carga no es máxima, pero se guarda la posición hasta la fatiga.
- El estático-dinámico: se marca un tiempo de parada y se termina de manera explosiva.

La isometría máxima

Debe efectuarse sobre una barra fija o sobre una barra cargada hasta el máximo. El atleta buscará ejercer una fuerza máxima durante 4 a 6 segundos.



Figura 89. La isometría máxima.

Si el atleta no está motivado y no se concentra lo suficiente, este método no presenta ningún interés. Trabajar a un 70-80% no aporta nada a un atleta entrenado; para un principiante preferimos la isometría total. Una de las formas más interesantes consiste en combinarla en la serie con un trabajo concéntrico ligero al 50%.

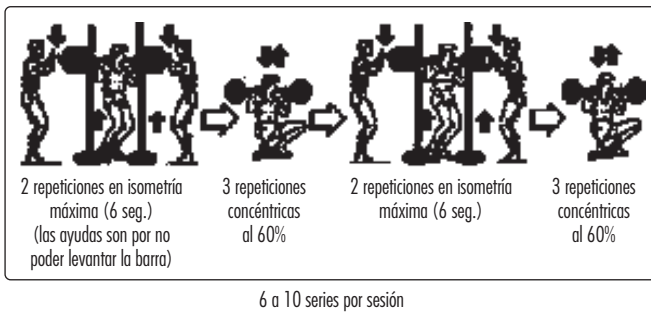


Figura 90. El método de la isometría máxima acoplada a la concéntrica.

LA ISOMETRÍA HASTA LA FATIGA TOTAL

Seguramente es el método isométrico el más interesante para los principiantes. Permite familiarizarse con las cargas. No presenta ningún riesgo y combinado con el concéntrico (o los otros tipos) presenta unos ejercicios simples (banco de pie o sentado) eficaces para sujetos que los efectúan fácilmente. Desempeña, pues, un papel de pre-fatiga. Constituye el final lógico de los ejercicios de respaldo sin silla y del ejercicio sobre una pierna (figs. 81 y 82). En la figura 91 se muestra la progresión a seguir.

A modo de ejemplo mostramos en la figura 92 dos ilustraciones de este método.

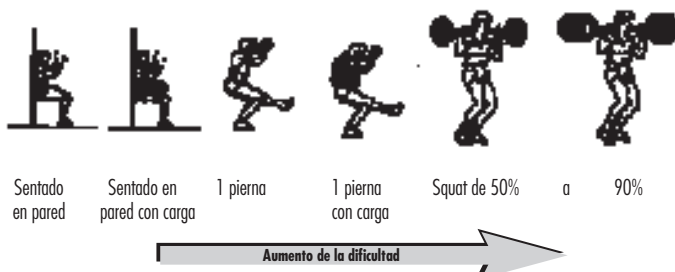
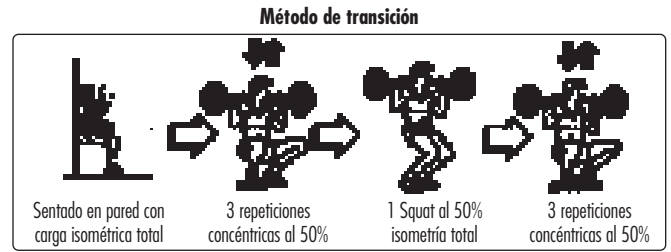
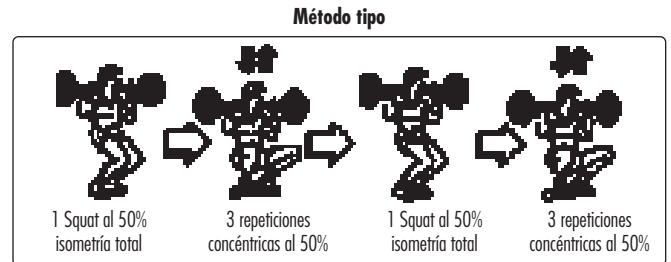


Figura 91. La progresión de la dificultad para la isometría total.



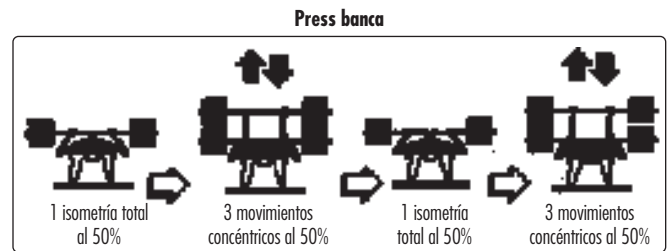
4 a 8 series



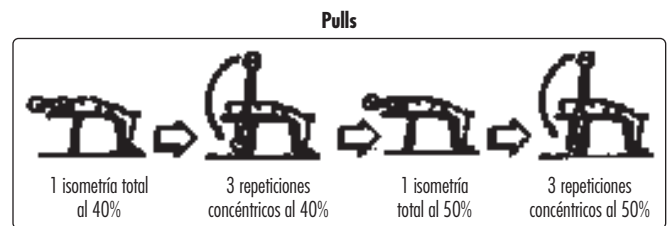
4 a 8 series

Figura 92. Ilustración de la isometría total.

Podemos aplicar también estos principios en los ejercicios de brazos (fig. 93).



4 a 8 series



4 a 8 series

Figura 93. Métodos "tipo" isometría total aplicada a los brazos.

EL ENTRENAMIENTO ESTÁTICO-DINÁMICO

Este método combina en el mismo movimiento fases estáticas (isométricas) y fases dinámicas (concéntricas y excéntricas). Podemos colocar estas fases estáticas en la parte negativa del movimiento, es decir, durante la contracción excéntrica.

La primera posibilidad (isometría-excéntrica) se aproxima a las ventajas e inconvenientes del tipo excéntrico, por lo que la de-

sarrollaremos en el marco de los métodos excéntricos. Vamos a ver aquí solamente los métodos estático-dinámicos "concéntricos".

El estático-dinámico se puede resumir en colocar uno o varios tiempos de parada en medio de la fase positiva y hacer una fase explosiva para el final del movimiento (fig. 94).



Figura 94. El estático-dinámico (1 tiempo) en squat. La carga es del 60-70% para 6 repeticiones (6 series).

El entrenamiento estático-dinámico en 1 tiempo

La solución más simple consiste en marcar un tiempo de parada en medio del movimiento (más o menos 90°). El tiempo de parada es 2 a 3 segundos. Este método es extremadamente eficaz en las 2 a 3 semanas que preceden a una competición (incluso la semana de la competición).

Hemos hecho la experiencia con atletas de alto nivel de las diferentes disciplinas (atletismo, ciclismo, rugby, voleibol, etc.).

Las modalidades son las siguientes: 6 veces 6 repeticiones al 60-70%.

El estático-dinámico con 1 tiempo de parada es un método (si no "el" método para poder alcanzar la forma).

El entrenamiento estático-dinámico en 2 tiempos

Existe de la misma forma el estático-dinámico con 2 tiempos de parada: el primero a 60-70° (2 a 3 segundos) y el segundo a 100-110° (2 a 3 segundos). El final del movimiento es siempre explosivo. Hay que tener cuidado de no poner el segundo tiempo de parada demasiado alto porque si no no quedará suficiente amplitud para expresar la fuerza explosiva.

Las modalidades: 6 x 6 al 60%.

Aunque parezca que la diferencia es poca con el "estato" en 1 tiempo, el impacto en el sujeto es totalmente diferente. Este método es muy fatigante. No permite la puesta en forma y se va a reservar para un período de preparación alejado de las competiciones.

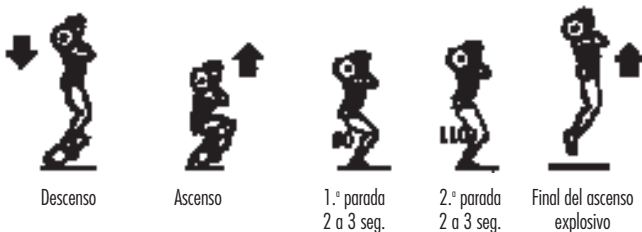


Figura 95. El estático-dinámico en 2 tiempos.

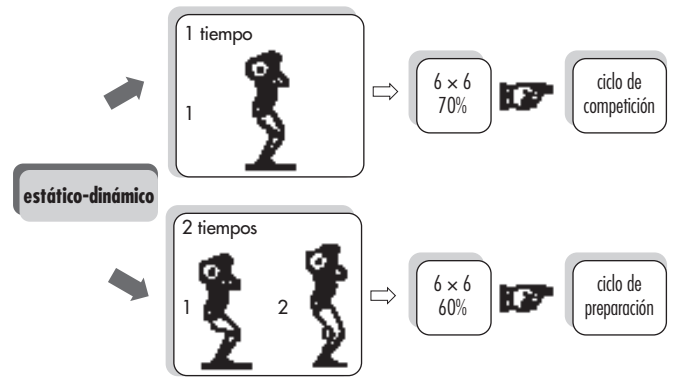


Figura 96. Las dos formas de estático-dinámico.

El entrenamiento estático-dinámico específico

Las modalidades son las del estático-dinámico en 1 tiempo, la única diferencia está en la elección de la posición durante el tiempo de parada.

Se buscará la parada en la posición que se acerque lo más posible al ángulo de competición. Por ejemplo, los saltadores de altura efectuaron un trabajo estático-dinámico con un tiempo de parada colocado en un ángulo de flexión próximo al del impulso (unos 140°).

Aplicamos entonces un principio de la isometría: la ganancia de fuerza es sobre todo importante en el ángulo de trabajo utilizado en isometría.

El entrenamiento estático-dinámico acentuado

Se basa igualmente en el estático-dinámico en 1 tiempo, pero buscando una mayor eficacia. En efecto el tiempo de parada se efectúa con una carga no máxima: lo ideal sería efectuar una parada ejerciendo un esfuerzo máximo. Además la carga tendría que aligerarse bruscamente al cabo de 2 a 3 segundos. Este método consigue el mayor rendimiento. Acentúa la diferencia entre una fase estática a fuerza máxima y una fase dinámica a fuerza explosiva con un impulso sorpresa. En la práctica hay que disponer de una máquina compleja; en este sentido debe evolucionar el material. Este método es muy eficaz en período de competición.

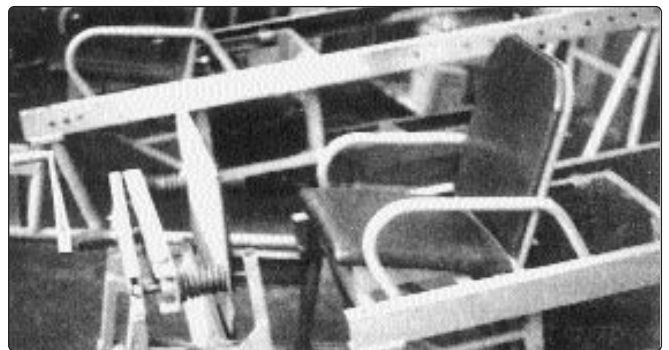


Figura 97. Máquina de Kuznetzov que permite un trabajo estático-dinámico "acentuado" para las piernas.



Figura 98. Máquina de Kuznetzov que permite un trabajo estático-dinámico "acentuado" para los brazos.

Kuznetzov en su laboratorio de Moscú puso a punto una serie de máquinas que permiten un trabajo estático-dinámico acentuado.

La figura 97 muestra una máquina destinada para las piernas.

Su principio es sencillo: el atleta sube normalmente y encuentra un tope que le obliga a mantener un esfuerzo máximo 2 a 3 segundos, después el tope desaparece (por un principio mecánico o un electroimán) y el atleta termina su extensión de forma explosiva.

Kuznetzov también puso a punto aparatos para el tren superior. Algunos están orientados para especialidades, como es el caso de la figura 98. Se trata del ejercicio de lanzamientos con el brazo. El principio es el mismo: el atleta fuerza en posición isométrica y la resistencia desaparece bruscamente.

Las modalidades son parecidas a las del estático-dinámico en 1 tiempo: 4 a 6 series de 4 a 6 repeticiones con una recuperación de 7 min entre las series.

LA LÓGICA DE LOS MÉTODOS CONCÉNTRICOS APLICADA AL TRABAJO ISOMÉTRICO

Podemos evidentemente tomar el esquema de la fig. 71 para aplicarlo a los métodos isométricos. Percibimos inmediatamente el abanico de posibilidades.

LOS MÉTODOS DE ZATSIORSKI

La distinción EM, ER y ED no tiene mucho sentido para la isometría; así pues, vamos a utilizar: isometría máxima, isometría total y estático-dinámico.

LOS CONTRASTES (O MÉTODO BÚLGARO)

Si para todas las alternativas del método búlgaro presentadas en el capítulo sobre el trabajo concéntrico (fig. 59) reemplazamos las series o las repeticiones "pesadas 2" por un trabajo en isometría, tendremos un contraste entre:

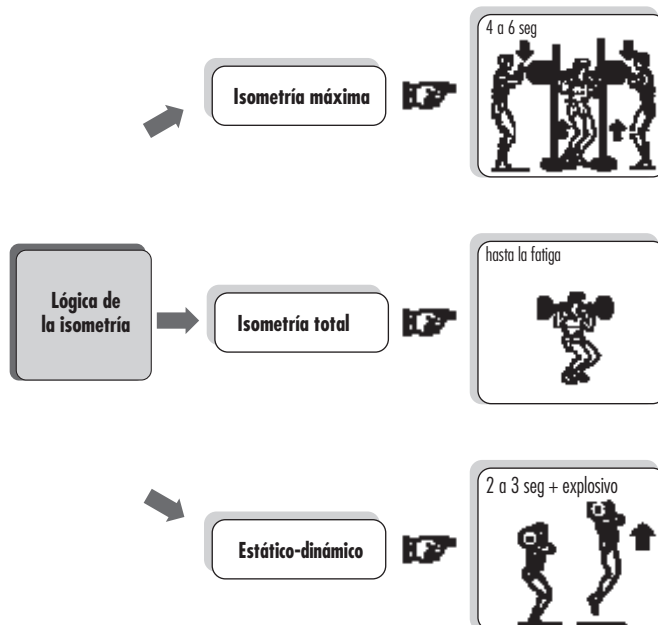


Figura 99. La lógica de las contracciones isométricas.

- trabajo estático y trabajo dinámico.
- velocidad nula y velocidad importante.
- y sobre todo entre isometría y concéntrico.

El principio de los contrastes es respetado y además amplificado.

Los ejercicios ilustrados en las figuras 85 a 93 se inscriben ya en esta óptica, enseñando que el principio de los contrastes es esencial en el trabajo integrante en la isometría.

Aquí sólo a añadiremos algunos ejemplos complementarios particularmente interesantes. Están basados sobre la presencia de ejercicios sin carga, fáciles de llevar a cabo.

Contraste carga-sin carga

La carga puede ser utilizada en isometría o en concéntrico.

La figura 101 muestra ejemplos de métodos que hacen intervenir la alternancia en la sesión y en la serie.

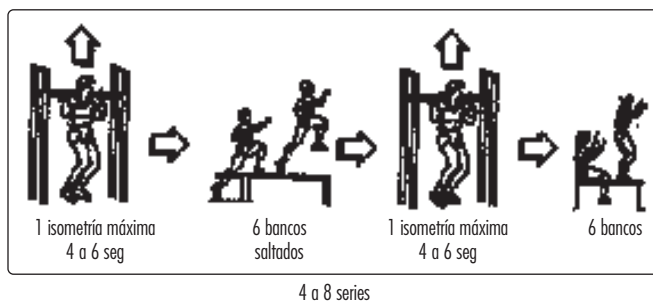


Figura 100. Serie isométrica que incluye la isometría máxima y los ejercicios sin carga.

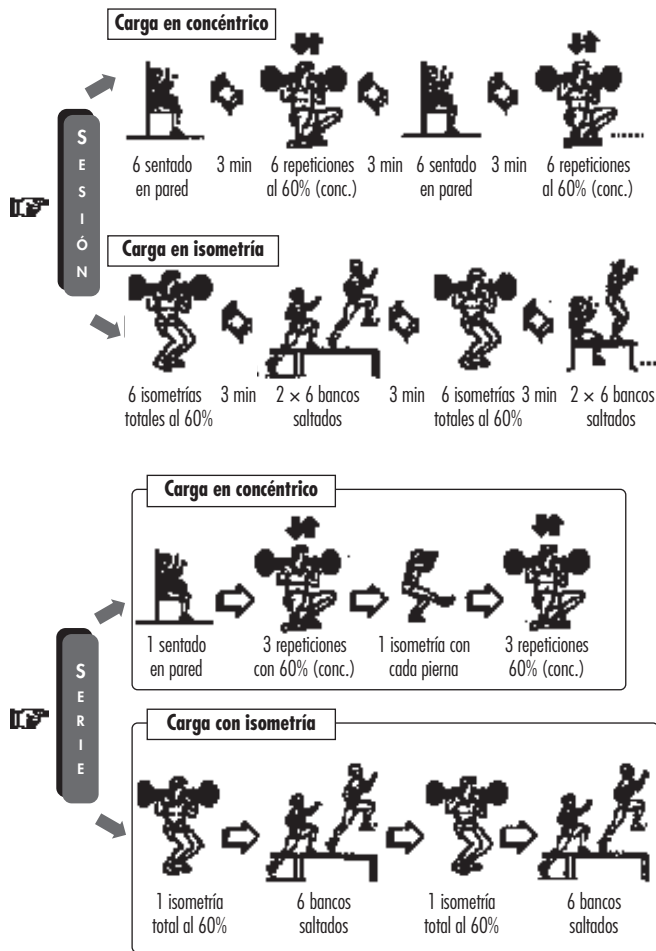


Figura 101. Método de los contrastes con isometría, contraste con carga sin carga.

Otra posibilidad consiste en reemplazar la isometría total en los ejercicios precedentes por la isometría máxima. Ya lo hemos visto antes, esta alternativa sólo es interesante en la "serie" (fig. 90). Podemos proponerla con los ejercicios sin carga (fig. 100).

Introducción al entrenamiento estático-dinámico

Una evolución posible de los métodos basados en el contraste con la isometría reside en la sustitución del trabajo de isometría total por el estático-dinámico en 2 tiempos y después en 1 tiempo. Esta solución presenta varias ventajas:

- Los encadenamientos son más dinámicos que con la isometría total, guardando el mismo papel de fatiga muscular (sobre todo para el estático-dinámico en 2 tiempos).
- Las cargas serán inferiores a las levantadas en concéntrico, lo que tiene un interés pedagógico.

La progresión pedagógica que permite una familiarización sin riesgos para cargas pesadas está representada en la figura 103.

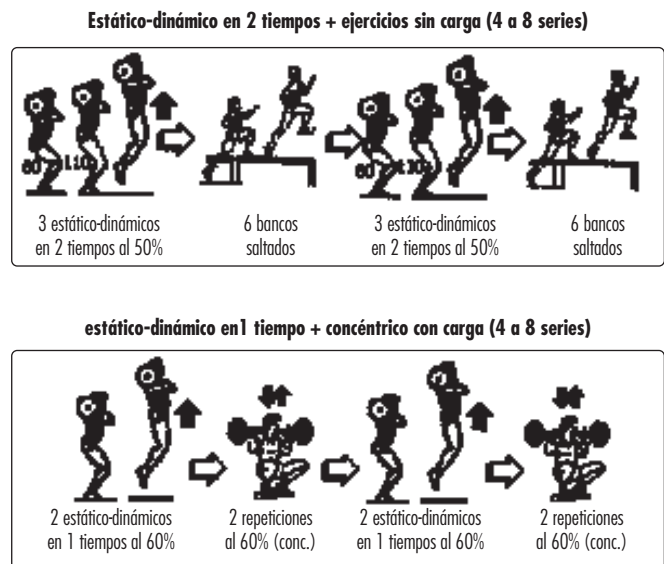


Figura 102. El estático-dinámico en el método por contrastes.

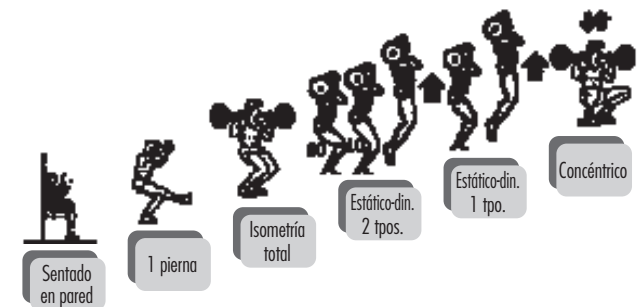


Figura 103. La progresión de la isometría al concéntrico.

Parte de la isometría total sin carga para pasar a la isometría con carga, después a los estados-dinámicos y finalmente al concéntrico.

LA CARGA DESCENDENTE

Podemos obtenerla de 3 maneras emparejando:

- isometría máxima-isometría total,
- isometría máxima-estático-dinámico,
- isometría total-estático-dinámico.

La carga descendente "isometría máxima y después total"

Evidentemente podemos practicarla en la serie o en la sesión. La isometría máxima se colocará al principio de la serie (o de la sesión). La figura 104 nos enseña dos ejemplos de este método. Está claro que la cantidad importante de trabajo isométrico

impuesto por estos procedimientos impone una alternancia obligatoria con el concéntrico. El método en la serie (fig. 104) es muy intenso, y preferimos el encadenamiento de la figura 105. Es necesario intercalar movimientos concéntricos para permitir una mejor vascularización.

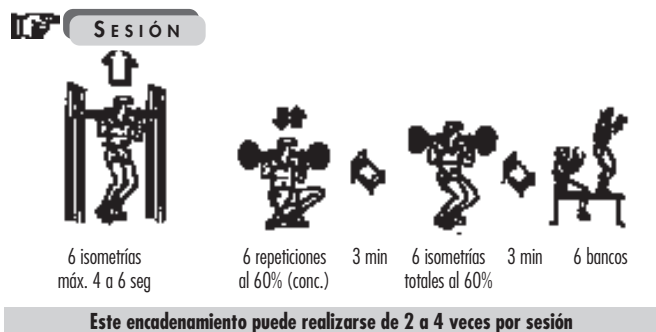


Figura 104. La carga descendente en isometría: ejemplo en la sesión y en la serie.



Figura 105. Carga descendente isométrica en la serie alternada con el concéntrico.

La carga descendente "isometría máxima y después estático-dinámico"

El estático-dinámico va a reemplazar la isometría total (en comparación con los ejercicios precedentes).

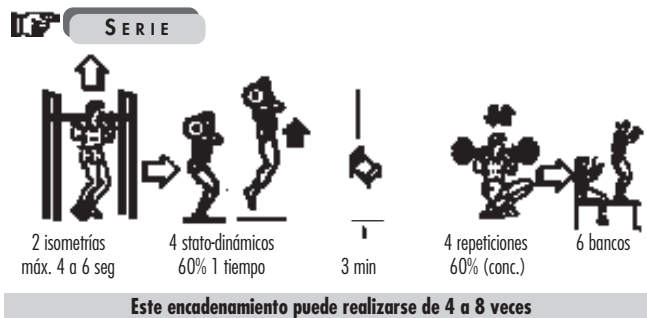


Figura 106. La carga descendente en isometría: isometría maximal statodínámica.

Variante: isometría máxima – estático 2 y estático 1

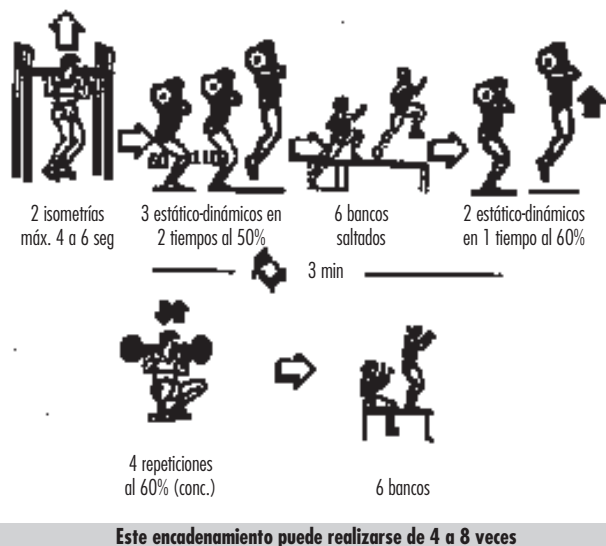


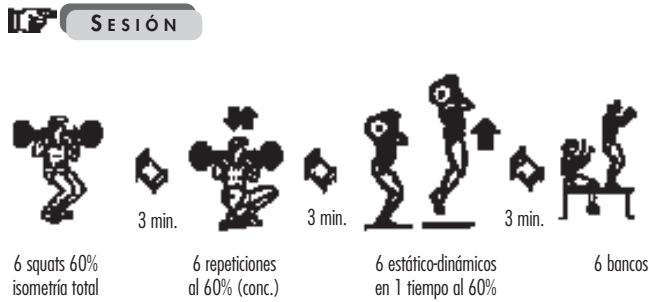
Figura 107. Variante de la carga descendente isométrica que incluye: isometría máxima, estático-dinámico en 2 tiempos y estático-dinámico en 1 tiempo.

En la misma serie se puede combinar isometría, estático-dinámico en 2 tiempos y estático-dinámico en 1 tiempo (fig. 107). Insistimos siempre en la presencia necesaria del concéntrico.

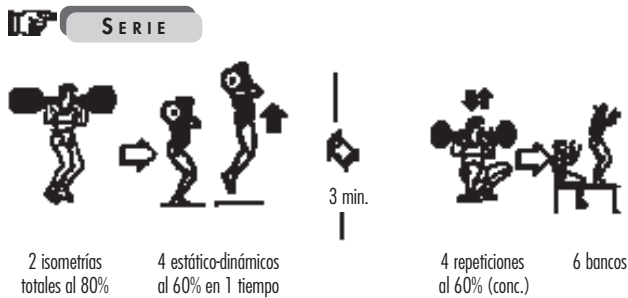
Para los principiantes el concéntrico sin carga constituye una solución interesante.

La carga descendente "isometría total y después estático-dinámico"

Es la solución más "pedagógica". La isometría total se puede realizar con una de las posibilidades de la figura 91. Sin



Este encadenamiento puede realizarse de 2 a 4 veces por sesión



Este encadenamiento puede realizarse de 4 a 8 veces

Figura 108a. Método descendente: isometría total-estático-dinámica.

Variante de la carga descendente sin carga



Esta serie puede repetirse de 6 a 12 veces

Figura 108b. Método descendente: isometría total-estático-dinámica, sin carga.

embargo para respetar el principio de la carga descendente la isometría total tiene que ejecutarse con una carga superior a la del estático-dinámico. Podemos considerar un estático-dinámico sin carga: con un tiempo de parada que puede ser hasta 10 segundos.

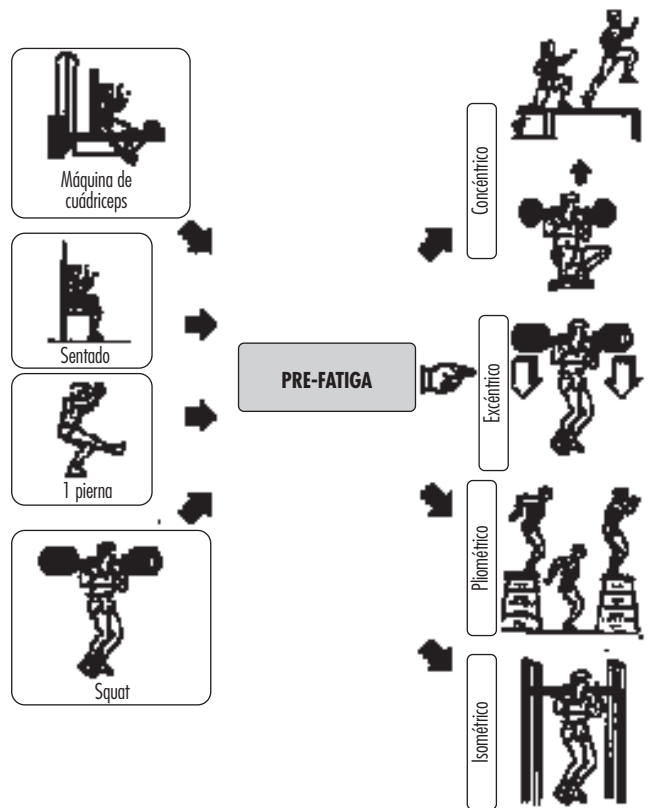


Figura 109. Diferentes posibilidades ofrecidas por la fatiga isométrica.

LA PRE-FATIGA

Se ejerce esencialmente en la serie. Para las piernas utilizaremos uno de los medios representados en la figura 109 para pre-fatigar los cuádriceps antes de un trabajo concéntrico, pliométrico, incluso isométrico.

RESUMEN DE LOS MÉTODOS ISOMÉTRICOS

Ver el resumen de estos métodos en el esquema de la página siguiente.

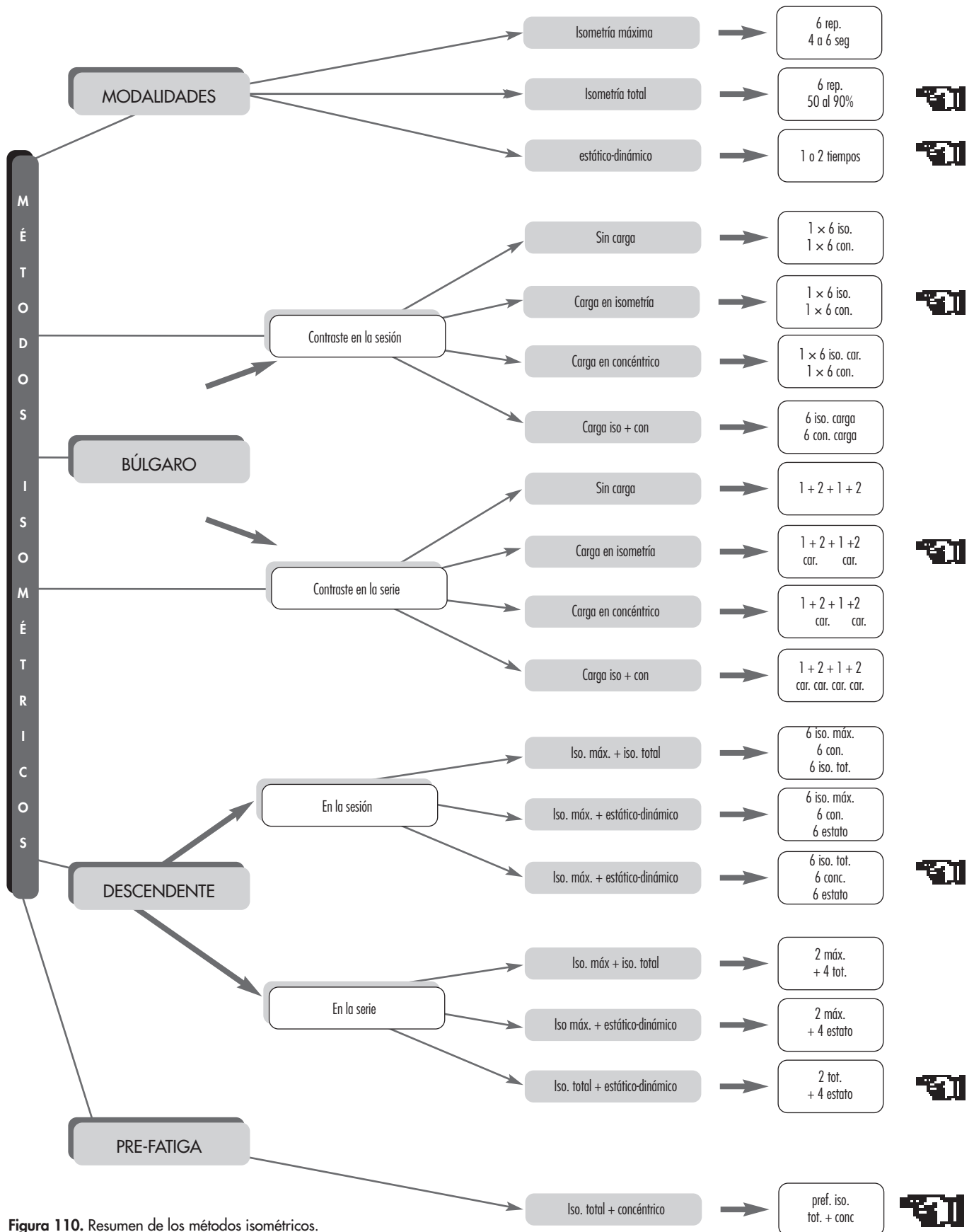


Figura 110. Resumen de los métodos isométricos.

PLANIFICACIÓN DE EJERCICIOS ISOMÉTRICOS

EFFECTO INMEDIATO, EFFECTO RETARDADO, EFFECTOS ACUMULADOS

El efecto inmediato

Vamos a considerar el efecto inmediato con 3 modalidades:

- isometría máxima,
- isometría total,
- estático-dinámico,

EFFECTO INMEDIATO DE LA ISOMETRÍA MÁXIMA

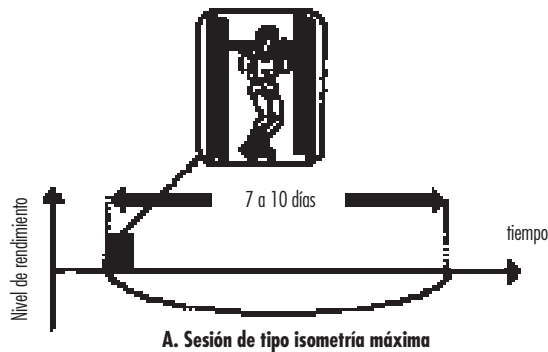


Figura 111. Efecto inmediato de una sesión en isometría máxima.

Una sesión de isometría máxima durante la cual el atleta busca desarrollar una fuerza superior a su fuerza máxima concéntrica. Es más difícil de asimilar que una sesión de esfuerzos máximos concéntricos.

EFFECTO INMEDIATO DE LA ISOMETRÍA TOTAL

La recuperación de una sesión de isometría total es ligeramente más larga que la de los esfuerzos repetidos concéntricos (sobre todo al principio para los atletas que nunca la han practicado).

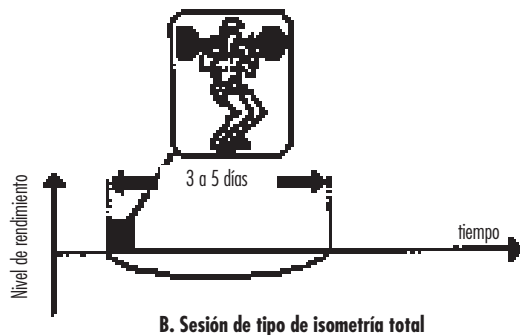


Figura 112. Efecto inmediato de una sesión de isometría total.

EFFECTO INMEDIATO DEL ENTRENAMIENTO ESTÁTICO-DINÁMICO

El estático-dinámico en 1 tiempo:

- La sesión estato-dinámica (para un atleta que practica la musculación) tiene como efecto inmediato subir el nivel de rendimiento sin problemas. El tiempo de recuperación es breve (1 día máximo).

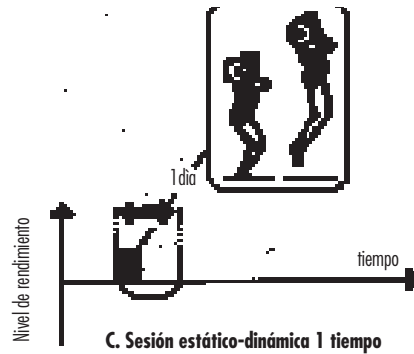


Figura 113. Efecto inmediato de una sesión estato-dinámica en 1 tiempo.

El estático-dinámico en 2 tiempos:

Tiene los mismos efectos que la isometría total (fig. 112).

El efecto retardado

Si miramos ahora el efecto retardado de un ciclo isométrico tenemos efectos diferentes en función de las modalidades.

EL EFFECTO RETARDADO DE LOS CICLOS DE ISOMETRÍA MÁXIMA

La isometría máxima busca tensiones importantes, pero provoca alteraciones profundas a nivel de la estructura muscular. El plazo de reconstrucción de estas estructuras es muy largo (aproximadamente 9 semanas).

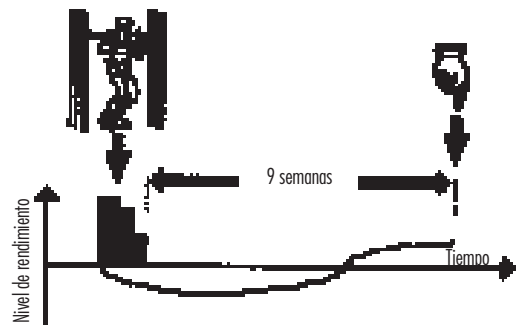


Figura 114. Efecto retardado de un ciclo de isometría máxima.

EFFECTO RETARDADO DE LOS CICLOS DE ISOMETRÍA TOTAL

La isometría total tiene un efecto retardado relativamente largo (6 semanas aproximadamente).

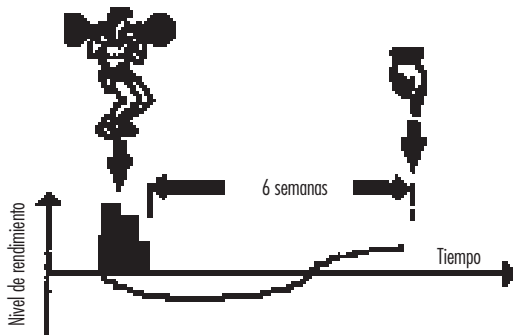


Figura 115. Efecto retardado de un ciclo de isometría total.

EFFECTO RETARDADO DE LOS CICLOS ESTÁTICO-DINÁMICOS

El estático-dinámico en 2 tiempos tiene los mismos efectos que la isometría total.

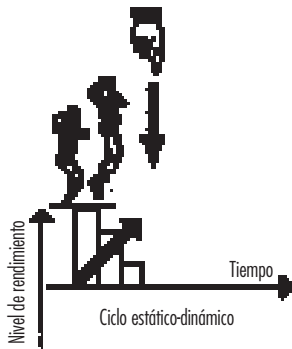


Figura 116. Efecto retardado de un ciclo estático-dinámico (1 tiempo).

El estático-dinámico en 1 tiempo es comparable al trabajo voluntario.

El ciclo estático-dinámico en 1 tiempo no tiene efecto retardado, ya que su efecto sobre el rendimiento es "inmediato".

Los efectos acumulados

Podemos representar el conjunto de los efectos retardados de los ciclos precedentes en la figura 117.

Sin embargo hay que subrayar que una programación basada únicamente en la isometría no es deseable. Zatsiorski dice en efecto que la isometría no debe ser empleada más de 2 meses por año.

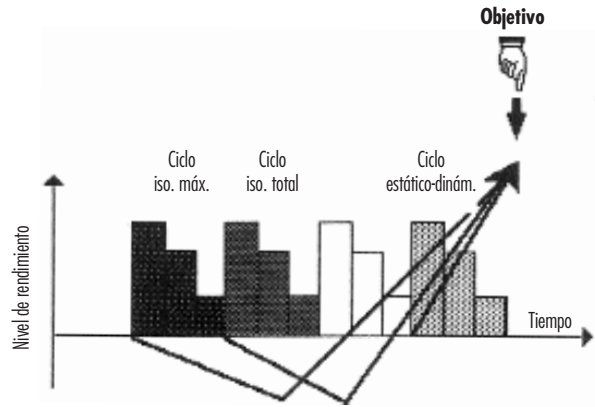


Figura 117. Efectos acumulados de los diferentes métodos isométricos.

PLANIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS ISOMÉTRICOS DURANTE EL AÑO

La figura 118 muestra la posición de los métodos isométricos en función de los diferentes ciclos de un periodo (el año tiene en

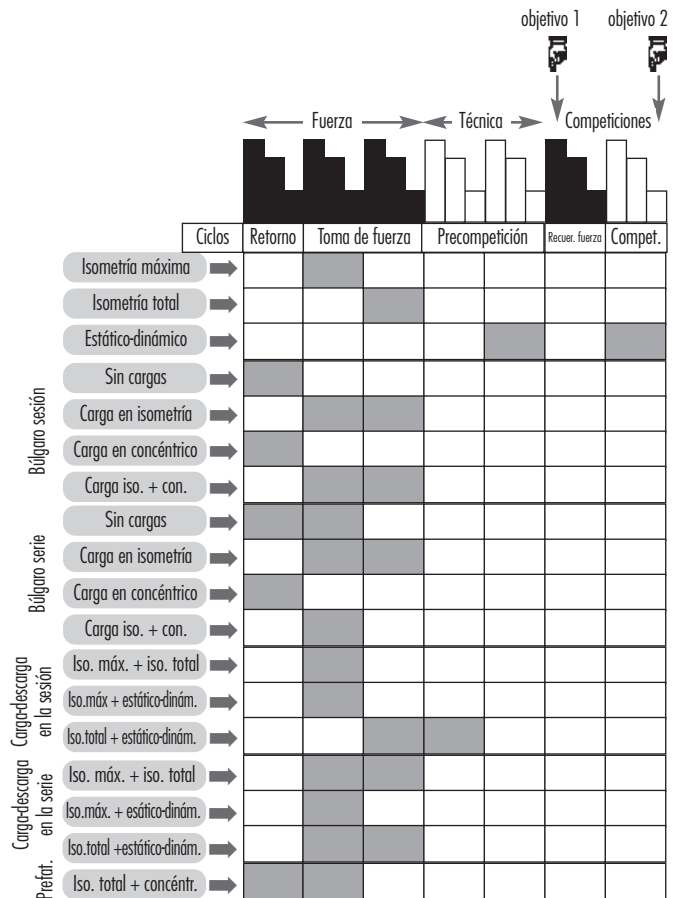


Figura 118. Planificación de los métodos isométricos en el año.




general 2 períodos). Observamos globalmente que los métodos isométricos se sitúan relativamente lejos de los objetivos. La excepción del estático-dinámico ha de ser subrayada. Este método en efecto, es uno de los más simples para lograr afinar la forma de los atletas en período de competición.

Insistimos una vez más en el hecho de que la planificación de un período nunca debe hacerse sobre un sólo parámetro isométrico (hay que integrar al menos el trabajo concéntrico considerado precedentemente).



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS ISOMÉTRICOS



-  FLECK, S.J. and KRAEMER, W.J. (1987): Designing resistance training programs, *Humans Kinetics Books*, Champaign, Illinois.
-  HETTINGER, TH. (1963): *Isometrisches Krafttraining*, Stuttgart.
- SCHMIDBLEICHER, D. (1985): Classification des méthodes d'entraînement en musculation, en *Traduction Insep* n.º 498 (edited by Insep).
- TSCHIENE, P. (1977): Corso di aggiornamento sui lanci (Tirrenia, ottobre 1977), Ed: *Gaetano Dalla Pria*.
- VERCOSHANSKI, J.V. (1982): Le basi dell'allenamento della forza speciale nello sport, *Moscou*.
-  ZATSIORSKI, V. (1966): Les qualités physiques du sportif, en *traduction INS*.

LOS MÉTODOS ISOMÉTRICOS Y EL NIVEL DEL ATLETA






						
		Jóvenes	Iniciación	Especialización	Alto nivel	
NIVEL						
	Isometría máxima					
	Isometría total					
	Estático-dinámico					
	Búlgaro sesión	Sin cargas				
		Carga en isometría				
		Carga en concéntrico				
	Búlgaro serie	Carga iso. + con.				
		Sin carga				
		Carga enisometría				
Carga-descarga en la sesión	Carga en concéntrico					
	Carga iso. + con.					
	Iso. máx. + iso. total					
Carga-descarga en la serie	Iso. máx. + estático-dinám.					
	Iso. máx. + estático-dinám.					
	Iso. total + estático-dinám.					
Preñat.	Iso. total + concéntr.					

Figura 119. Utilización de los métodos isométricos en función del nivel de los atletas.

INTRODUCCIÓN

Mucho más que el trabajo isométrico, el entrenamiento excéntrico supone unas particularidades que vamos a considerar en primer lugar. Veremos enseguida que el emparejamiento con el trabajo concéntrico es obligatorio, lo que nos hará abordar los métodos excéntricos directamente bajo la perspectiva de los contrastes (por tanto, con el método búlgaro).

LAS PARTICULARIDADES
DEL ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICOLAS DIFERENTES MODALIDADES
El trabajo excéntrico sin carga

El trabajo excéntrico es en realidad un entrenamiento bastante natural y que en numerosas situaciones tiene un dominio excéntrico. Ciertas disciplinas como el esquí alpino son esencialmente a base de este tipo. Es importante preparar bien a los atletas. Primero vamos a ver las distintas formas de trabajo simples poniendo en juego la contracción excéntrica. Ilustraremos nuestra proposición con la ayuda de ejemplos tomados de los ejercicios siguientes:

- extensión de la rodilla (tipo squat),
- extensión del tobillo (tríceps),
- flexiones de brazos en el suelo,
- extensiones.

EJERCICIOS PARA LAS PIERNAS (RODILLA)

- *Flexión sobre una pierna, extensión sobre dos piernas:* Seguramente es la situación más simple y la menos peligrosa. Si el ejercicio es demasiado fácil, puede ponerse un chaleco lastrado o incluso prefatigar con una posición sostenida en isometría.

Inversamente se puede tomar apoyo con las dos manos sobre una espaldera para disminuir la dificultad y asegurar el equilibrio durante la bajada.

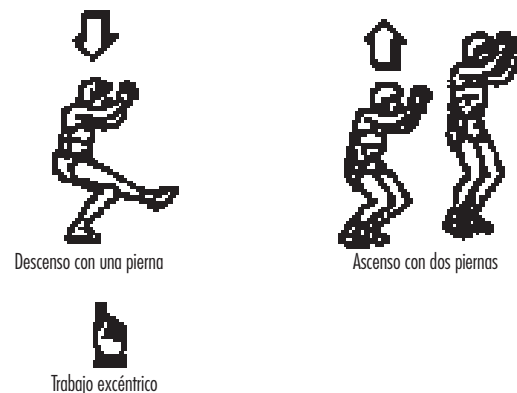


Figura 120. Ejercicio excéntrico simple.

- *El salto en contramovimiento amortiguado:* Este ejercicio es ya más difícil, hay que amortiguar la caída.

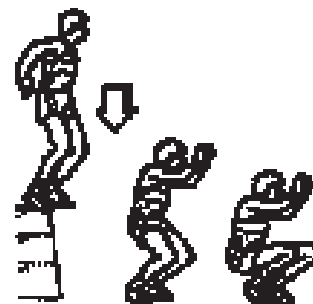


Figura 121. Salto en contramovimiento amortiguado.

EJERCICIOS PARA LAS PIERNAS (TOBILLO)



Figura 122. Trabajo excéntrico del tríceps.

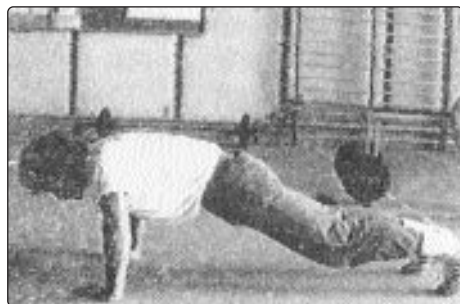
La mejor solución es utilizar la prensa.



Figura 123. Trabajo excéntrico del tríceps en la prensa.

EJERCICIOS PARA LOS BRAZOS (FLEXIONES EN EL SUELO)

Esta solución es muy interesante en el plano pedagógico para los principiantes que no son capaces de efectuar varias flexiones seguidas.



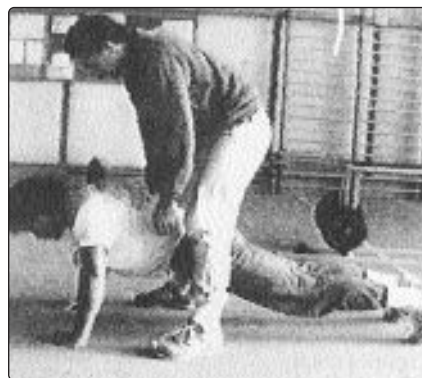
Descenso en excéntrico



Ascenso apoyando las rodillas

Figura 124. Trabajo de flexiones en excéntrico.

Se puede realizar igualmente con ayuda en la subida (fig. 125).



Descenso



Ascenso con ayuda

Figura 125. Fondos excéntricos con ayuda.

EJERCICIOS PARA LOS BRAZOS (EXTENSIONES)

Es un movimiento donde el trabajo excéntrico puede aportar mucho. Tenemos numerosos ejemplos en la escalada, donde los escaladores han progresado de forma espectacular gracias a los ejercicios que siguen (figs. 126 y 127). Las 2 modalidades propuestas son las siguientes:

- Trabajo sólo en las espalderas: descenso en frenado (excéntrico) y ascenso apoyándose en las espalderas (fig. 126).



Descenso en frenado



Ascenso apoyándose en las espalderas

Figura 126. Trabajo excéntrico en extensión en las espalderas.

- Trabajo con 2 personas: descenso solo (excéntrico) y ascenso aligerado con una ayuda (fig. 127).

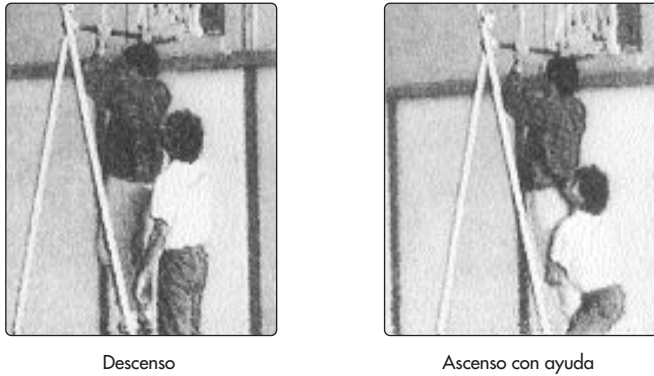


Figura 127. Trabajo excéntrico en extensión con ayuda.

El trabajo excéntrico con máquinas

Los métodos excéntricos exigen a menudo cargas importantes. Para facilitar la ejecución de estos métodos, han aparecido numerosas máquinas. Vamos a dar algunos ejemplos.

LOS ROBOTS

Se trata de un robot "inteligente" que se coloca en la cadena de un aparato clásico de musculación (se muestra el ejemplo de una máquina para cuádriceps en la figura 128). Cuando el atleta efectúa la extensión de pierna sólo tiene que vencer la carga que está suspendida (a). Cuando efectúa la bajada el motor se pone en marcha añadiendo una fuerza suplementaria (que se puede regular según el deseo del que la utiliza) para la fase excéntrica (b). El atleta frena entonces la carga más la fuerza añadida por el motor: El motor se para automáticamente cuando la extensión comienza. El principio del robot es interesante porque puede adaptarse a todos los aparatos de musculación.

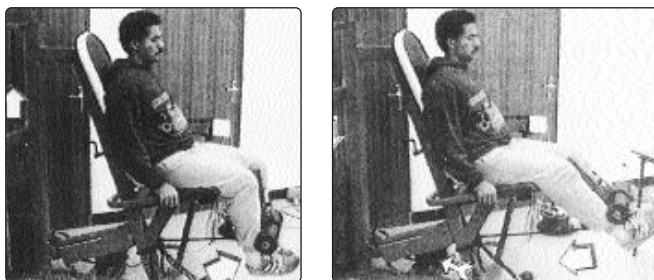


Figura 128. El trabajo excéntrico en la máquina de cuádriceps con robot.

LOS PÓRTICOS

Son destinados a reemplazar las barras de musculación en los movimientos clásicos (squat, press-banca, etc.).

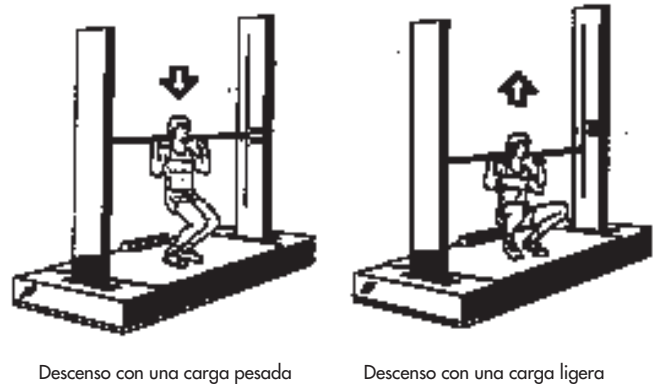


Figura 129. El pórtico "berenice".

La barra funciona como una barra de disco clásica, la única deferencia reside en que los pesos están sustituidos por un motor programable. Estas máquinas presentan varias ventajas:

- La fuerza se puede ejercer hacia abajo (como para una barra clásica) o hacia arriba (para efectuar por ejemplo extensiones sentado).
- Se puede programar una fuerza diferente en la bajada y en la subida, lo que provoca entonces una sobrecarga o un aligeramiento.
- Suprime los riesgos que se deben a las cargas difíciles de dominar.

LA BICICLETA EXCÉNTRICA: ("ATHLETIC TRAINING")

Se trata de una aplicación de trabajo excéntrico en movimiento de pedaleo. Este aparato nos parece interesante en la preparación de ciclistas, bi-crossmen, etc.

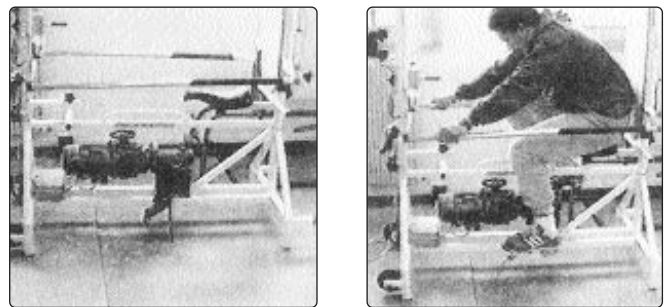


Figura 130. El "athletic training" o bicicleta excéntrica.

Los métodos excéntricos naturales

Encontramos aquí situaciones simples como el trabajo en bajada (cuesta abajo) y el trabajo de escalera (también en bajada).

Estos dos ejercicios, que son en general presentados como fáciles y poco cansados, responden en efecto a todos los criterios de ejercicios excéntricos. Son particularmente destructores en el plano muscular.



Figura 131. Las situaciones de trabajo excéntricas "naturales".

El excéntrico sin carga combinado con el concéntrico

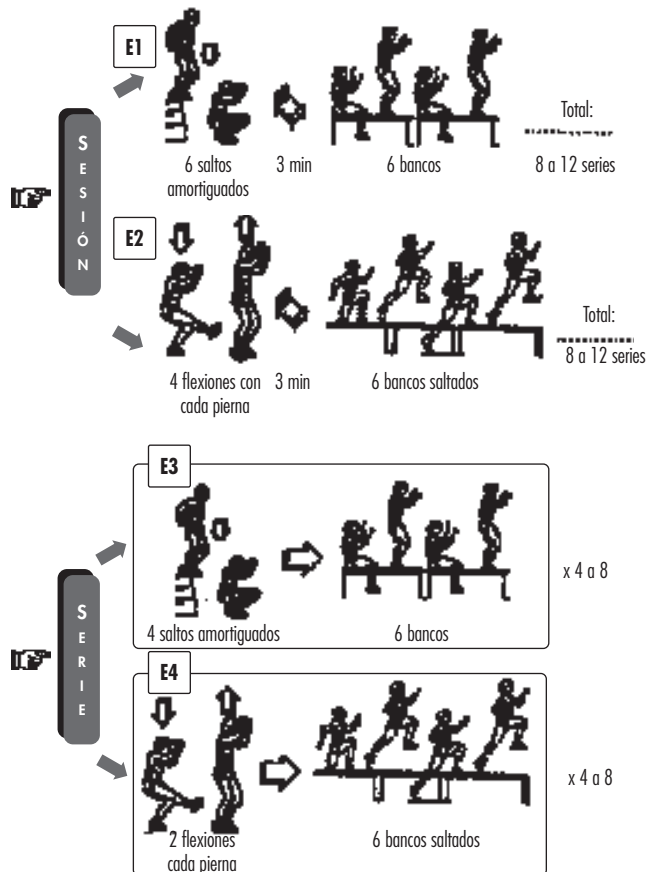


Figura 132. Ejemplos de combinaciones excéntricas-concéntricas sin cargas en la sesión (E1, E2) y en la serie (E3, E4).

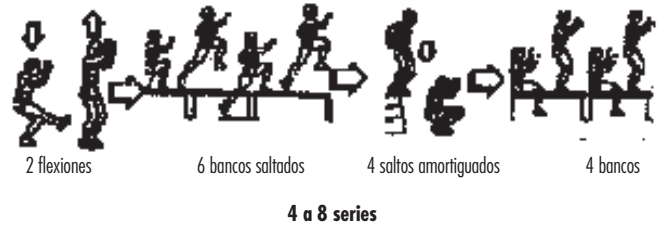


Figura 133. Ejemplo de acoplamiento excéntrico-concéntrico sin carga en 4 elementos.

Como ya hemos precisado, el trabajo excéntrico debe siempre estar acompañado del concéntrico. La solución más simple consiste en trabajar sin carga.

Se puede del mismo modo considerar un encadenamiento de 4 unidades (fig. 133).

Los otros grupos musculares se pueden también ilustrar.

Daremos aquí ejemplos para flexiones y extensiones.



Figura 134. Ejemplo de trabajo excéntrico-concéntrico sin carga por el ejercicio de flexiones de brazos.

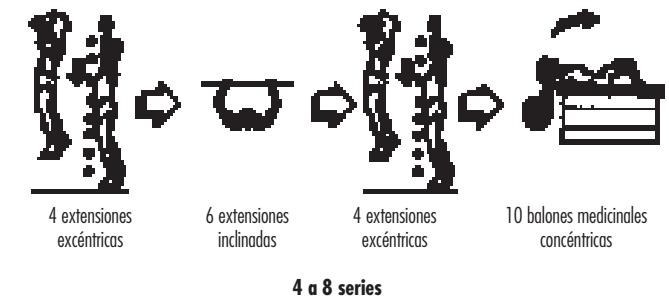


Figura 135. Ejemplo de trabajo excéntrico-concéntrico sin carga para el ejercicio de extensiones.

El trabajo excéntrico con cargas

Es evidente que plantea un problema práctico: el aligeramiento de la fase concéntrica (cuando no se posee máquina). Se presentan varias soluciones prácticas.

PARA LAS PIERNAS

Cuando los atletas tienen un nivel medio se puede considerar un trabajo con ayudas (fig. 136). La bajada está frenada por el atleta solo (controlado por las ayudas); la subida se efectúa en gran parte mediante las ayudas.



Descenso excéntrico: las ayudas controlan

Ascenso: las ayudas remontan la barra

Figura 136. El trabajo excéntrico con carga (primera solución con ayudas).

Esta solución supone una gran sincronización de las ayudas. Pero es bastante peligrosa. Así pues, aconsejamos utilizar una barra guía.

En este caso se presentan 2 soluciones:

- La bajada la realiza el atleta solo, pone la barra en el tope de la barra guiada y recibe las ayudas para la subida (se trata de la solución precedente pero con barra guía fig. 137).



Descenso

Ascenso con ayudas

Figura 137. El trabajo excéntrico con barra-guía (aquí las ayudas trabajan en la subida).

- La bajada siempre la hace el atleta solo, pone la barra y esta vez las ayudas aligeran la barra quitando pesos (lo más rápidamente posible). El atleta puede así subir solo (fig. 138).



Descenso pesado

Las ayudas aligeran (la barra reposa sobre las guías)

Ascenso ligero

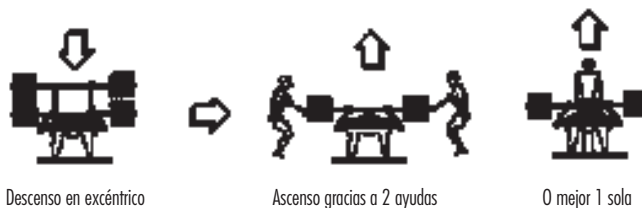
Figura 138. El trabajo excéntrico con barra-guía (las ayudas elevan las cargas).

Otra solución consiste en preceder el trabajo concéntrico de una repetición de isometría total, de manera que sea eficaz con cargas ligeras (entorno al 80%).

PARA LOS BRAZOS

- En press-banca:
Al ser las cargas menos pesadas que en el squat, podemos contentarnos con ayudas (sin recurrir a la barra guía). Es po-

sible, hasta 130-140 kg, utilizar sólo una ayuda para la subida (esta solución es la mejor, ya que dispensa una sincronización perfecta entre 2 ayudas) (figura 139).



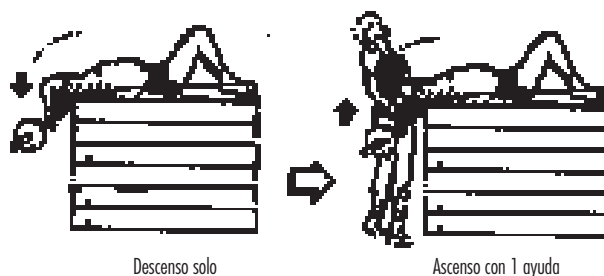
Descenso en excéntrico

Ascenso gracias a 2 ayudas

O mejor 1 sola

Figura 139. El trabajo excéntrico con carga para el press-banca.

- En pull-overs:
Las cargas son menos pesadas (además no aconsejamos trabajar a más del 100% en este tipo de ejercicio), la presencia de un solo ayudante para parar es generalmente suficiente.



Descenso solo

Ascenso con 1 ayuda

Figura 140. El trabajo excéntrico en pull-overs.

EL PRINCIPIO DEL CONTRASTE APLICADO AL EXCÉNTRICO (o búlgaro excéntrico)

Ya hemos subrayado que el trabajo excéntrico no se puede concebir sin alternancia con el trabajo concéntrico; aplicaremos siempre el principio del contraste (las cargas concéntricas son forzosamente más ligeras que las cargas excéntricas). Sin embargo, la presencia del excéntrico en este tipo de trabajo refuerza el contraste, ya que vamos a tener una ruptura entre:

- Cargas muy pesadas y cargas ligeras.
- Velocidades de trabajo positivas y negativas.
- El entrenamiento excéntrico y el entrenamiento concéntrico.

EL CONTRASTE CARGA-SIN CARGA

En un primer tiempo es el trabajo excéntrico el que se hace sin carga con el fin de minimizar los riesgos (fig. 141). Disponemos siempre de las dos soluciones de emparejamiento (sesión y serie). Después podemos pasar a las cargas en excéntrico, el trabajo concéntrico se hace con el peso del cuerpo.

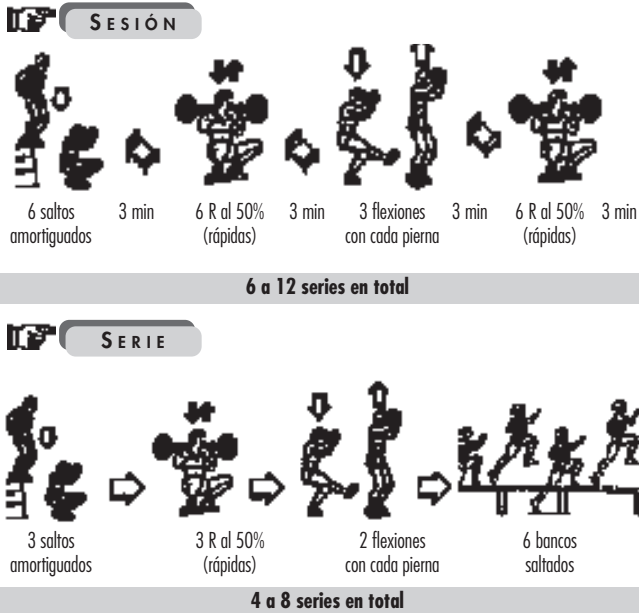


Figura 141. Contraste carga-sin carga con la carga en concéntrico.

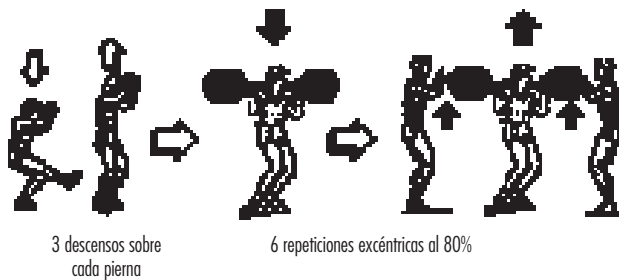


Figura 142. Trabajo excéntrico con pre-fatiga excéntrica sin carga.

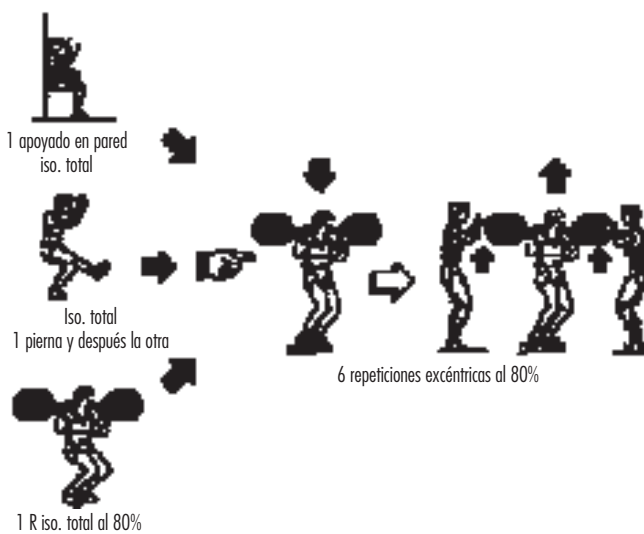


Figura 143. 3 modalidades isométricas para reducir la carga en el trabajo excéntrico.

Para disminuir las cargas utilizadas en trabajo excéntrico es posible efectuar una pre-fatiga en excéntrico sin carga (fig. 142).

También puede preceder a la serie excéntrica una repetición en isometría total con las 3 modalidades presentadas en la figura 143.

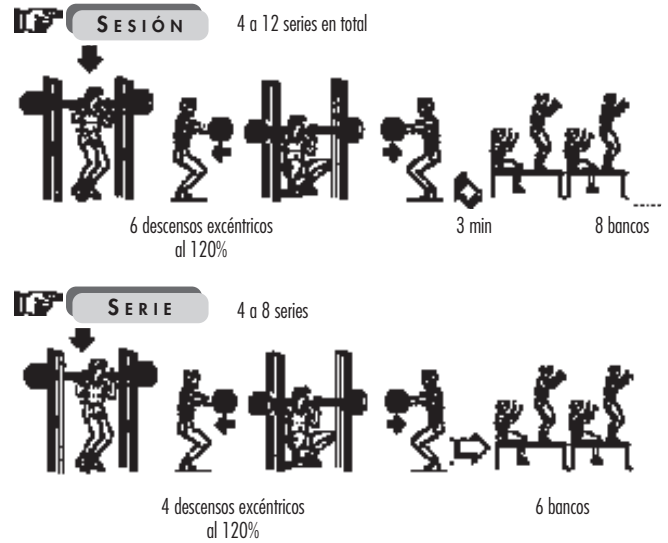


Figura 144. El trabajo excéntrico con carga.

EL CONTRASTE EXCÉNTRICO PESADO-CONCÉNTRICO LIGERO

Estamos esta vez en presencia de un trabajo con cargas. El método que nos parece el mejor en este caso consiste en trabajar al 100% en excéntrico y al 50% en concéntrico. Evidentemente se puede organizar en la sesión o en la serie. Hemos tomado el ejemplo del press-banca (figs. 145 y 146).

Estos tres métodos figuran entre los más eficaces pero también entre los más duros que conocemos. Deben programarse con conocimiento de causa.

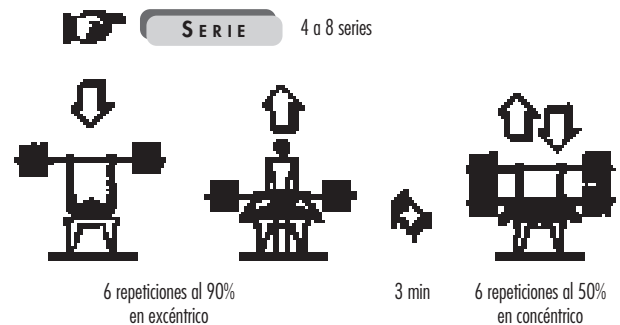


Figura 145. Método excéntrico-concéntrico con carga (una serie excéntrica, una serie concéntrica).

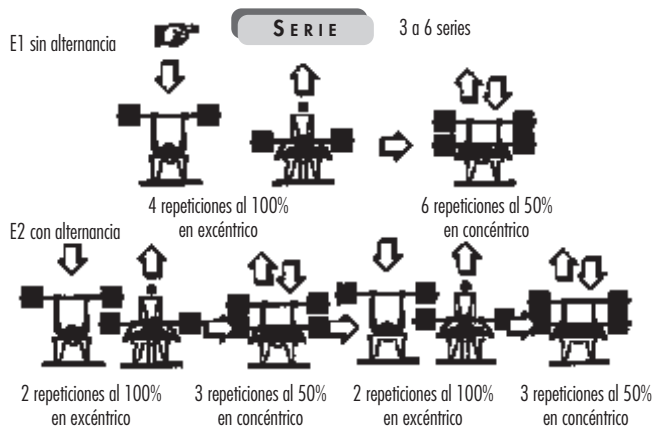


Figura 146. Ejemplo de 2 métodos excéntricos-concéntricos en la serie.

LA CARGA DESCENDENTE

Este principio ya lo hemos mencionado para el concéntrico como un principio muy interesante. Los métodos que derivan de él son muy duros, pero figuran entre los más permanentes. En el caso del tipo excéntrico va a ser lo mismo con una dificultad aumentada. La prudencia debe extremarse.

El excéntrico es un tipo de trabajo muy duro y estamos ante un principio que tiende a endurecer los métodos. El resultado solamente puede ser "super duro".

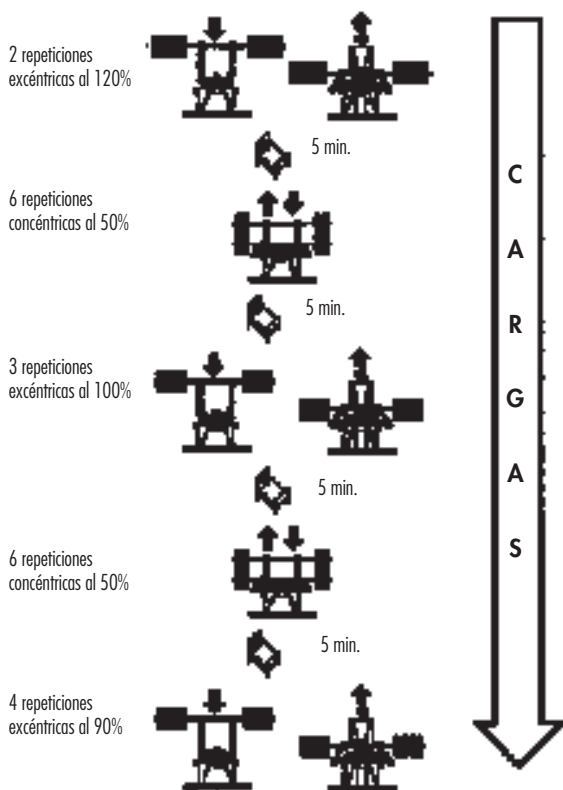


Figura 147. El método de la carga descendente en excéntrico en la sesión.

Daremos ejemplos en la sesión y en la serie siempre en alternancia con el concéntrico.

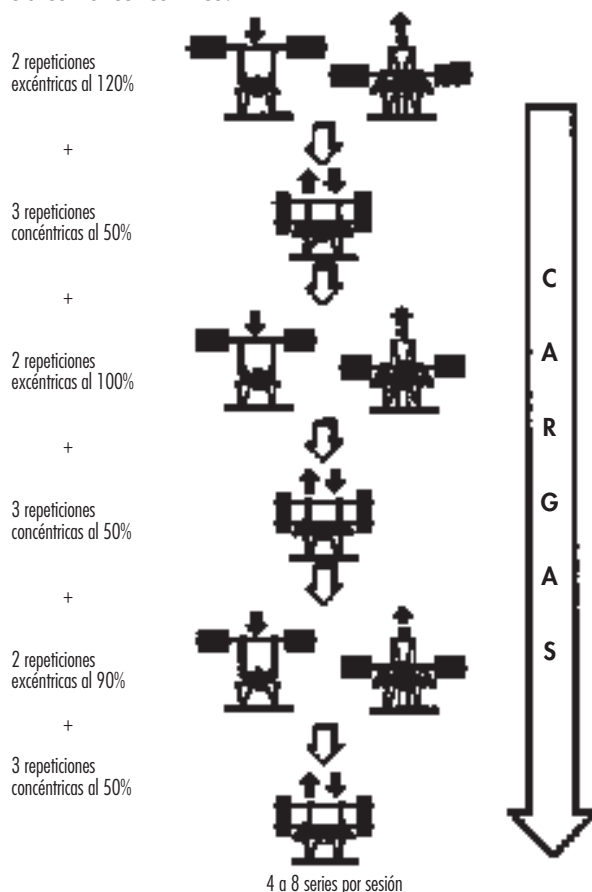


Figura 148. La carga descendente en la serie (con concéntrico).

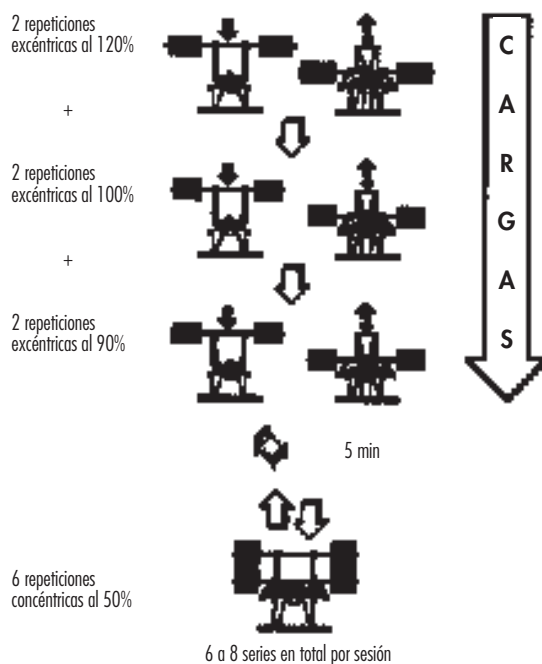


Figura 149. Carga descendente en la serie (sin concéntrico).

EL MÉTODO ISOMÉTRICO-EXCÉNTRICO

Consiste en introducir fases estáticas en el interior de un trabajo excéntrico.

Estos métodos pueden también llamarse estático-dinámicos (aunque si en general esta terminología se reserva para los métodos desarrollados en las págs. 178 y 179).

EL MÉTODO "ISOMETRÍA TOTAL-EXCÉNTRICO"

Es el más desarrollado: consiste en sostener la carga en una posición próxima a la de salida (squats: flexionando las rodillas hasta 120°; press-banca: se baja la barra 3 cm aproximadamente) hasta la fatiga, después frenar la bajada (de donde viene un trabajo excéntrico). La carga utilizada corresponde a un 80% del máximo.

PRESS-BANCA (Carga al 80%)

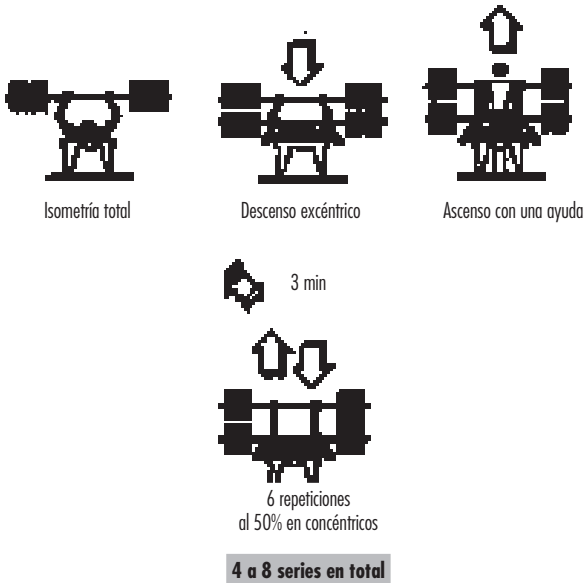


Figura 150. El método de la isometría total-excéntrica en press-banca.

SQUATS (80%) El ejemplo 4 a 8 veces

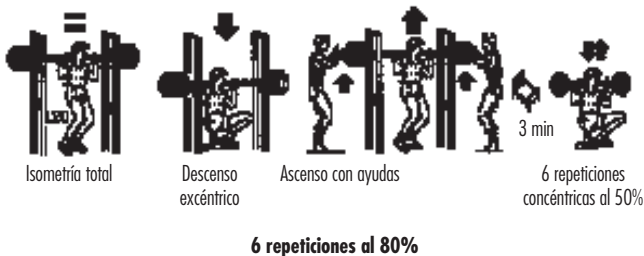


Figura 151. El método de la isometría total-excéntrica en los squats.

EL MÉTODO ESTÁTICO-DINÁMICO EXCÉNTRICO

El tiempo de parada introducido será esta vez más corto: 3 a 6 segundos. Podrá haber 1 o varios tiempos de parada (3 máximo).

Mostramos en la figura 152 los squats con 1 tiempo de parada. Por este medio buscamos obtener una contracción excéntrica eficaz con carga relativamente ligera (un 50 a un 80%). La subida se hace con ayudas.

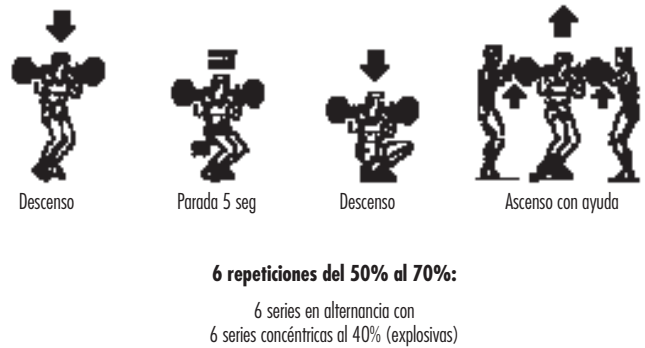


Figura 152. El método estático-dinámico excéntrico.

EL 120-80

Este método es muy ingenioso. Parte del principio siguiente: durante una repetición normal al 80% por ejemplo, la bajada no sirve para nada. Entonces para que sea eficaz hay que frenar más del 100%. Así en el 120-80 se va a bajar al 120% y subir a un 80%. Esto plantea un problema material (el del aligeramiento) que puede resolverse con poco coste. Para ello hay que fabricar el aparato representado en la figura 153.

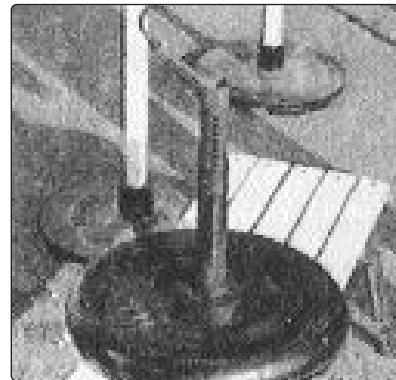


Figura 153. El dispositivo permite la realización 120-80.



Descenso al 120%



Ascenso al 80%

Figura 154. La ejecución del 120-180.

Este método es eficaz en el conjunto del movimiento. El número de repeticiones por sesión es bajo. Tschien habla de 5 repeticiones (con recuperación de 7 min entre cada una) por sesión. Se puede hablar y constatar que esta cantidad es suficiente, ya que el esfuerzo es intenso. Nosotros hemos probado una variante de 110-70 por serie de 3 repeticiones a razón de 3 a 4 series por sesión. Los resultados son del mismo orden. Esto obliga a recargar en cada repetición, y es preferible utilizar una máquina (ver el pórtico, fig. 129). Este método sólo puede utilizarse en condiciones muy precisas:

- Con atletas que posean una amplia base de musculación.
- Los atletas deben dejar de practicar el trabajo excéntrico en condiciones menos intensas.

En este caso, este método es muy interesante durante el período competitivo (comprendiendo la semana precedente a una competición).

LA PRE-FATIGA

Se puede pre-fatigar en excéntrico gracias a los ejercicios analíticos. El trabajo excéntrico recluta menos unidades motoras pero lo hace de una forma más intensa, el trabajo concéntrico que se realizará a continuación actuará más eficazmente sobre esas fibras. El contraste entre estos dos tipos de contracción es favorable para la mejora de la fuerza. Los ejercicios analíticos presentan el interés de que con ellos evitamos cualquier riesgo de accidente en la realización del ejercicio.

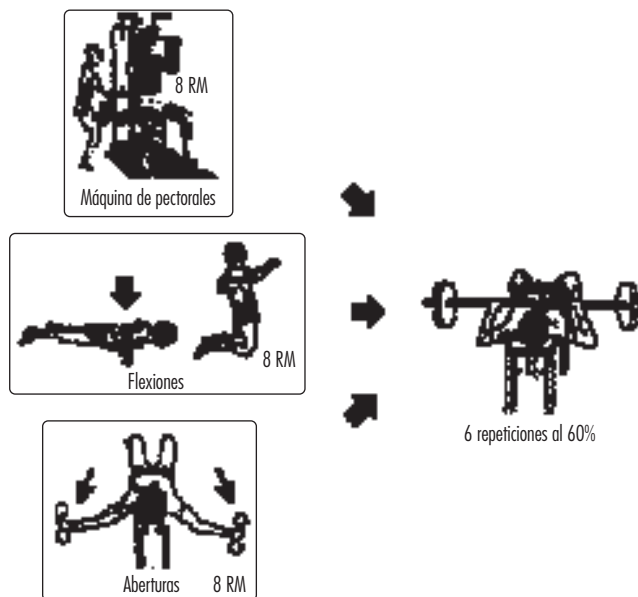


Figura 155a. Las modalidades de la pre-fatiga excéntrica en desarrollos acostados.

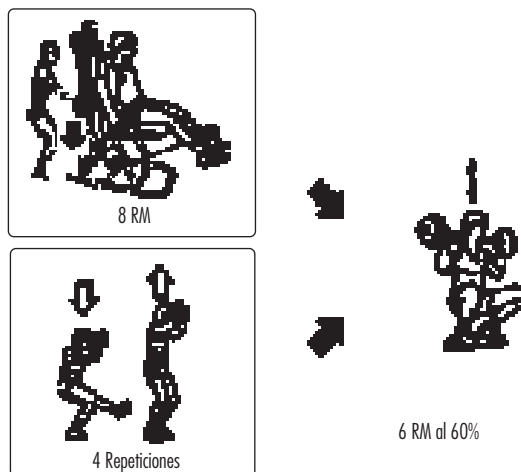


Figura 155b. Las modalidades de la pre-fatiga excéntrica en squats.

RESUMEN DE LOS MÉTODOS EXCÉNTRICOS

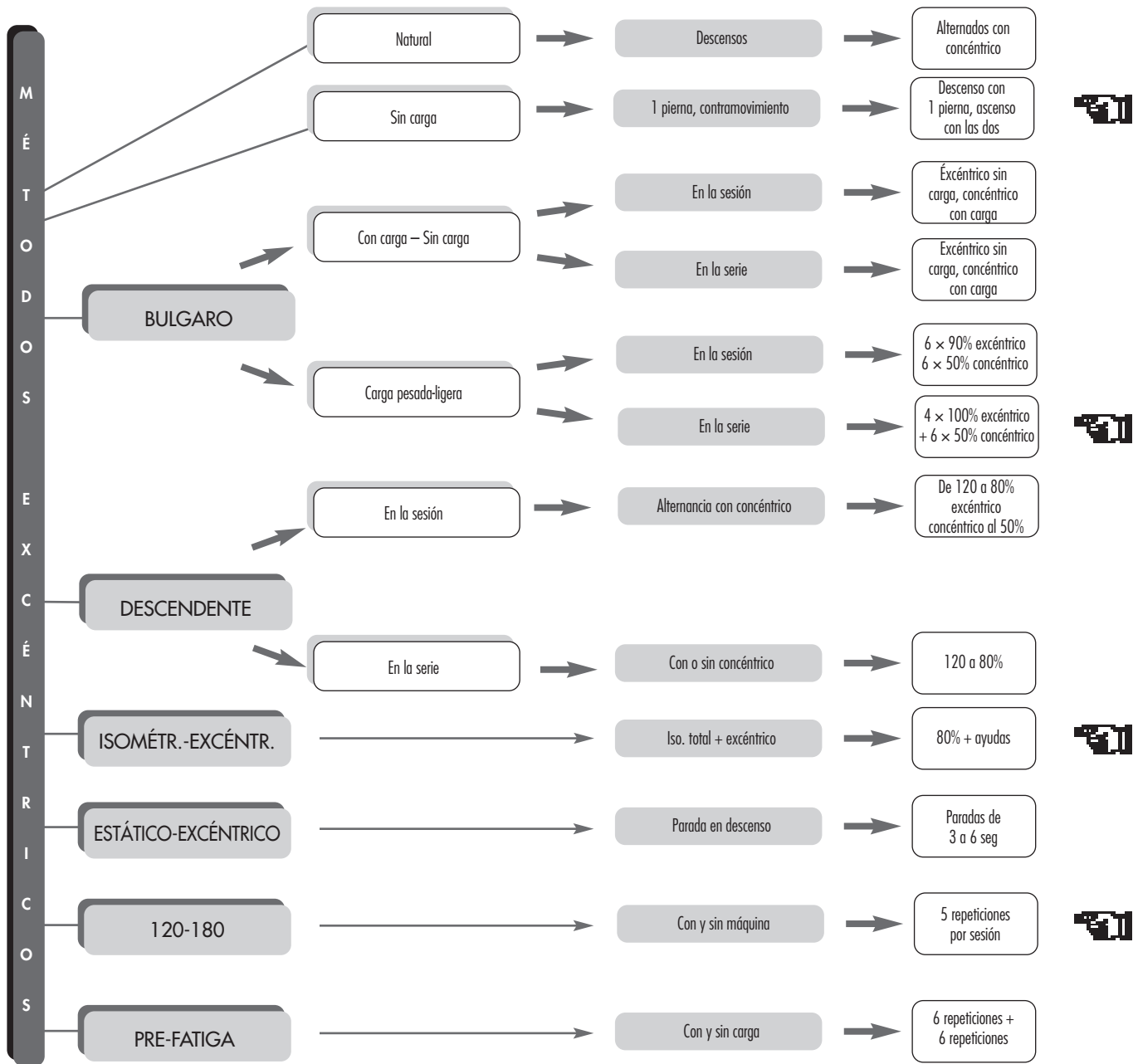


Figura 156. Los diferentes métodos excéntricos.

PLANIFICACIÓN DE LOS EJERCICIOS EXCÉNTRICOS

EFFECTO INMEDIATO, EFFECTO RETARDADO, EFFECTOS ACUMULADOS

El efecto inmediato

Para una sesión de tipo búlgaro, el efecto inmediato fue evaluado por Gobetel a los 6 días. De hecho, el atleta no vuel-

ve a su nivel de rendimiento inicial hasta 8 a 10 días después de la sesión.

Por el contrario, con el método 120-80, el resultado es totalmente diferente (para un atleta entrenado en trabajo excéntrico, evidentemente).

El método 120-80 recuerda el estático-dinámico en estos efectos, y hace que sea posible afinar la forma del atleta antes de una competición.

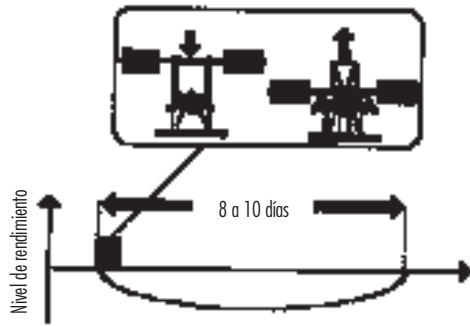


Figura 157. El efecto inmediato de una sesión excéntrica.

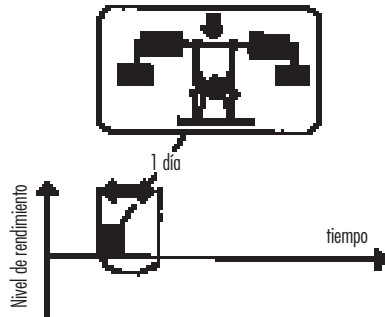


Figura 158. Efecto inmediato de una sesión de tipo 120-80.

El efecto retardado

DE UNA SESIÓN

El efecto retardado del trabajo excéntrico es particularmente espectacular. Se puede comprobar en una sola sesión. En efecto, una sesión de trabajo excéntrico (de tipo búlgaro) produce efectos que duran hasta 6 semanas más tarde (fig. 159).

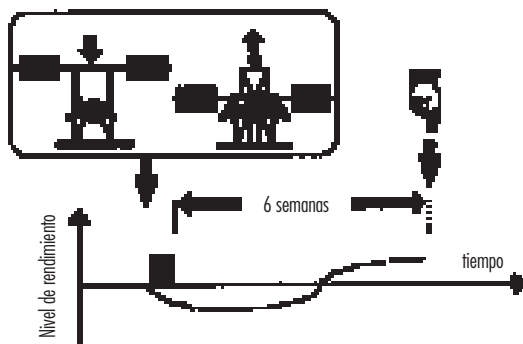


Figura 159. Efecto retardado de una sesión excéntrica.

DE UN CICLO

Ciclo de tipo búlgaro

El trabajo excéntrico practicado durante un ciclo, provoca una mejora del rendimiento 10 a 12 semanas más tarde. La pla-

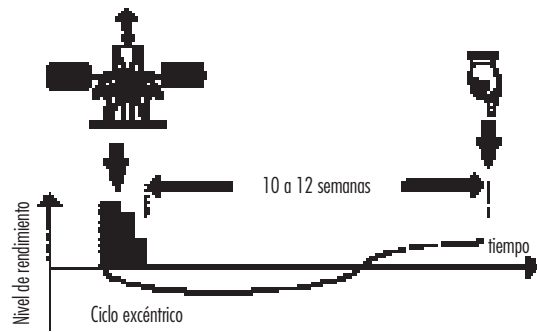


Figura 160. Efecto retardado de un ciclo excéntrico.

nificación de un ciclo excéntrico garantiza no ponerse en forma de inmediato.

Ciclo de tipo 120-80

El trabajo excéntrico bajo la forma de 120-80 (menos los atletas que acaban de empezar en el régimen excéntrico) comporta una mejora casi inmediata del estado de forma del atleta.

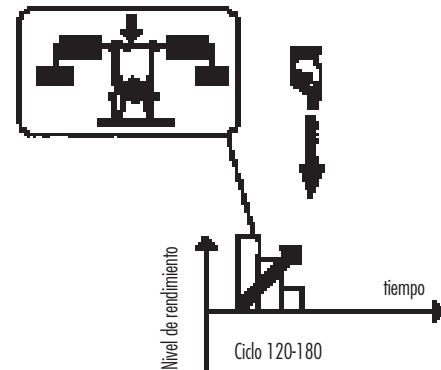


Figura 161. Efecto retardado de un ciclo de tipo 120-80.

Los efectos acumulados

Se constata que el trabajo excéntrico debe planificarse lejos de las competiciones para la forma búlgara. Por el contrario, el 120-80 precede directamente a las competiciones. Con una programación correcta se puede obtener una suma de efectos de los dos tipos de ciclos.

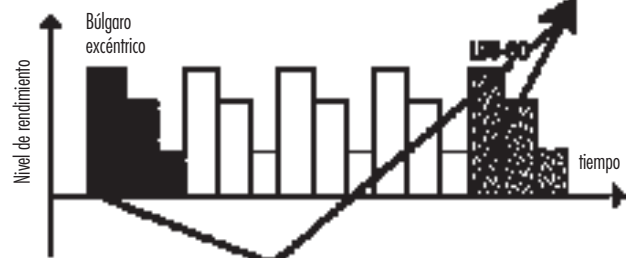


Figura 162. Los efectos acumulados de los métodos excéntricos.

PLANIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS EXCÉNTRICOS DURANTE EL AÑO

A excepción del método 120-80, se constata que el encadenamiento de los métodos excéntricos debe estar lejos de los objetivos.

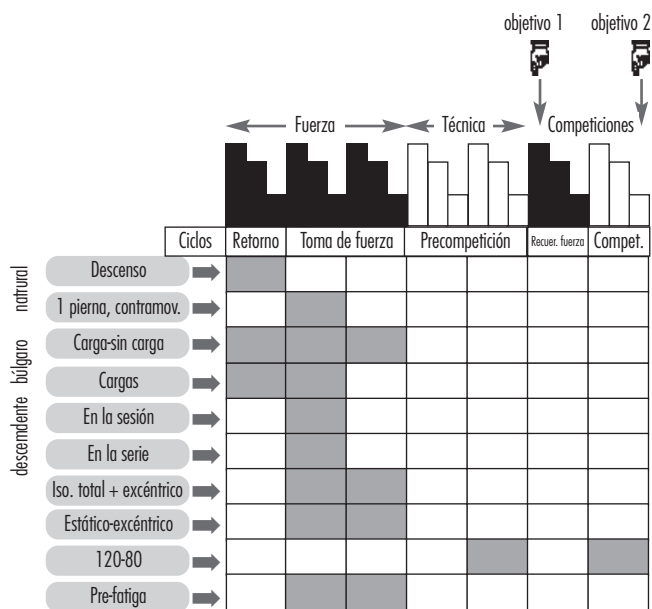


Figura 163. La planificación de los métodos excéntricos en el año.

LOS MÉTODOS EXCÉNTRICOS Y EL NIVEL DEL ATLETA

El trabajo excéntrico sin carga no tiene ningún problema para los jóvenes, igual que la pre-fatiga. Al contrario que en el caso de las flexiones y extensiones, constituye una solución pedagógica interesante. El trabajo con cargas (teniendo en cuenta las cargas elevadas) debe ser abordado más tarde con prudencia.

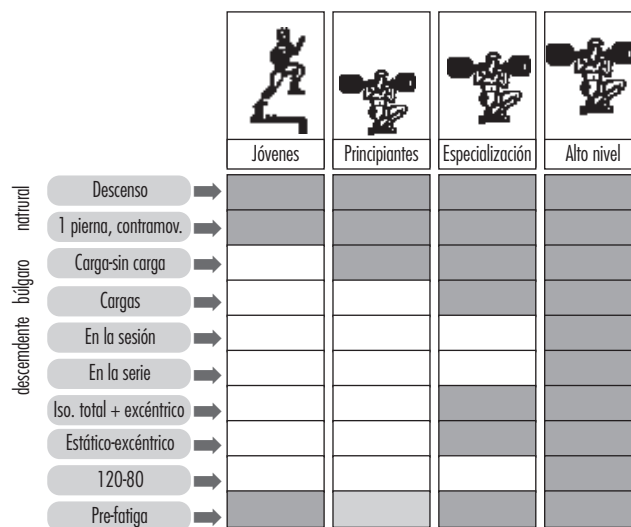


Figura 164. El uso de métodos excéntricos en función del nivel del atleta.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS MÉTODOS EXCÉNTRICOS



- BESSOU, P. (1986): Étude des propriétés physiologiques de la contraction excentrique, des altérations biochimiques histologiques qui l'accompagnent. *Cinésiologie* 25, n.º 107 supplément, 15-18.
- BOSCO, C. (1985): L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo schelettico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva, *Atleticastudi*, 1, 7-115.
- BYRNES, W.C.; CLARKSON, P.M. and KATCH, F.I. (1985): Muscle soreness following resistance exercise with and without eccentric contractions, *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 56, 283-285.
- FLECK, S.J. and KRAEMER, W.J. (1987): Designing resistance training programs, *Humans Kinetics Books*, Champaign, Illinois.
- KOMI, P. and BURSKIK, E.R. (1972): Effect of eccentric and con-

- centric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle, *Ergonomics*, 15, 8.
- POUSSON, M. (1984): Contribution à l'étude de l'incidence de la musculation excentrique sur l'emmagasinement d'énergie élastique dans le muscle. *Insep, Paris*.
- SJÖSTRÖM, M. and FRIDEN, J. (1984): Muscle soreness and muscle structure, *Medecine Sport Sci.*, 17, 169-186.
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1985): Classification des méthodes d'entraînement en musculation, en *Traduction Insep* n.º 498 (edited by Insep).
- TSCHIENE, P. (1977): Corso di aggiornamento sui lanci (Tirrenia, ottobre 1977), *Ed: Gaetano dalla Pria*.
- VERCOSHANSKI, J.V. (1982): Le basi dell'allenamento della forza speciale nello sport, *Moscou*.

INTRODUCCIÓN

Dada la existencia de una literatura consagrada sobre la pliometría, no trataremos en esta obra todos los aspectos del problema, nos contentaremos con desarrollar los puntos que no han sido objeto de una ilustración importante. Referimos al lector a estas referencias para más detalles.

Presentaremos a continuación un examen sobre las particularidades de la pliometría. Veremos después cómo se aplican los principios generales (contraste, carga descendente...) a este tipo de trabajo.

LAS PARTICULARIDADES DE LA PLIOMETRÍA

La contracción pliométrica es la más usada en los gestos deportivos. Es por supuesto la más natural. Las situaciones son frecuentemente simples (en particular sin carga).

Las describimos a continuación para piernas y brazos.

Para organizarlas, partiremos de los 3 principios definidos por A. Piron:

- Variaciones en la colocación.
- Variaciones en el desplazamiento (por ejemplo en el apoyo), o en la conservación de la velocidad.
- Variaciones de tensión.

EJERCICIOS PLIOMÉTRICOS SIN CARGA PARA LOS MIEMBROS INFERIORES

En el caso de los ejercicios dirigidos a los cuádriceps, la pliometría se realiza prácticamente siempre sin carga, ya que es suficiente para aumentar la dificultad de elevar la altura del salto.

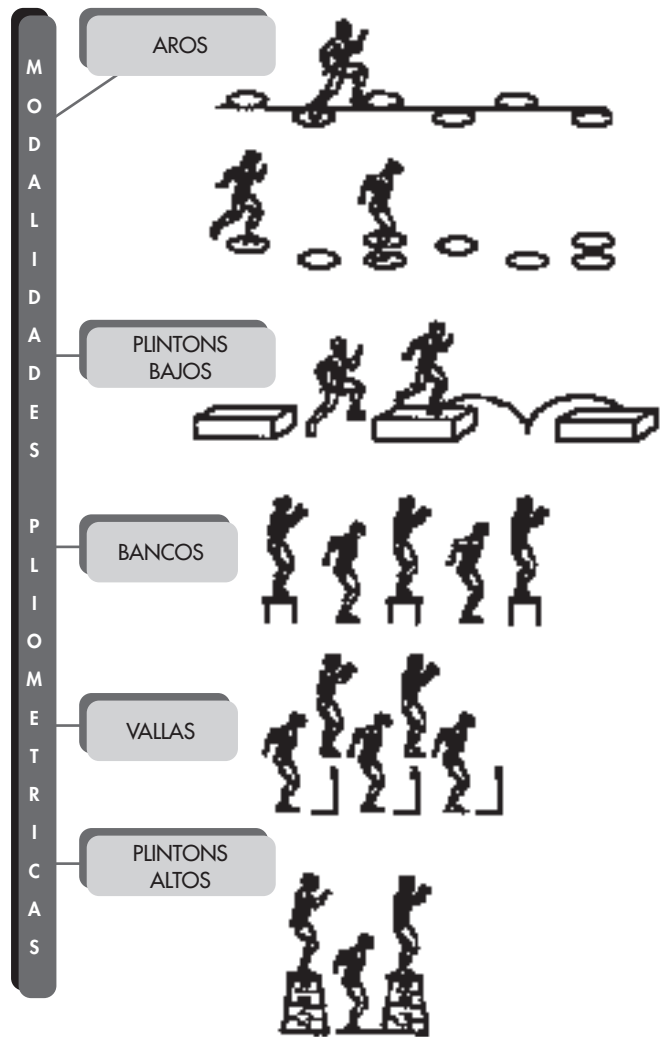


Figura 165. Diferentes modalidades de ejecución de la pliometría sin carga.

Las diferentes modalidades de ejecución se ilustran en la figura 165. Se enumeran por orden de dificultad creciente. En efecto, los saltos son la forma de pliometría más simple y menos peligrosa. Para otorgarles mayor eficacia y orientar el trabajo se pueden efectuar en aros. El trabajo en forma de plinton-suelo-plinton incrementa ya la altura de salto. Los bancos permiten una retoma del apoyo que facilita la ejecución en relación con las vallas a pies juntos, que son más intensas. Finalmente, los plintos de alturas considerables (40 a 70 cm para las chicas y 60 a 90 cm para los chicos) constituyen la última etapa.

Podemos hallar la misma tendencia en los ejercicios para el tríceps sural. La situación más simple es la de los "skippings" (carrera de obstáculos bajos).

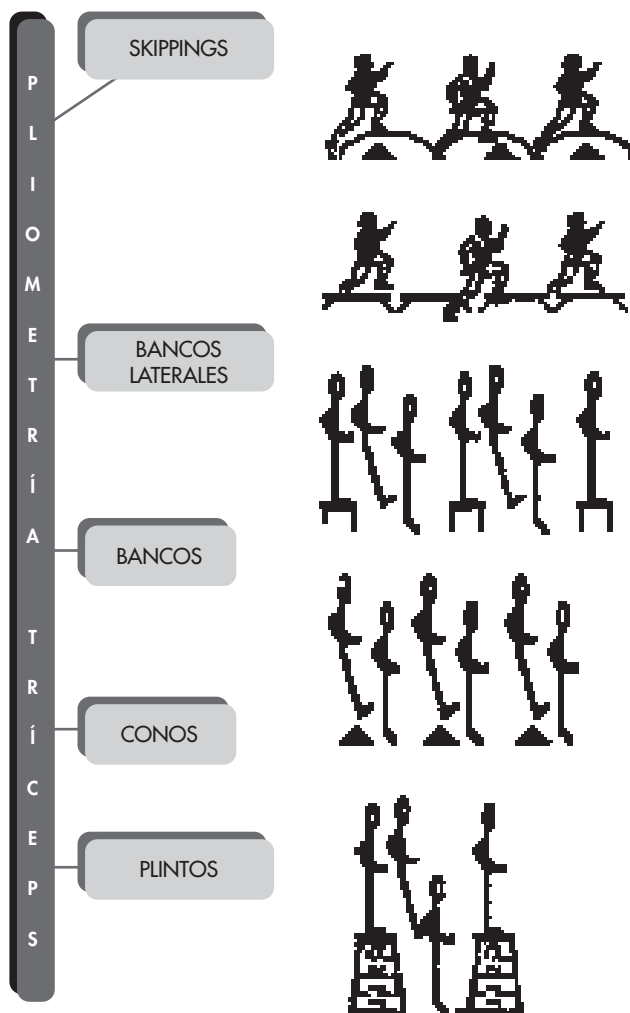


Figura 166. Ejercicios pliométricos para el tríceps.

El ejercicio de los "bancos laterales" consiste en realizar elevaciones de rodilla sin tocar los bancos. La progresión restante es prácticamente la misma que para los ejercicios específicos para el cuádriceps.

EJERCICIOS SIN CARGA PARA LOS BRAZOS

Utilizaremos las situaciones más frecuentes: fondos (flexiones del brazo) dominadas, balones medicinales.

– *Los fondos*

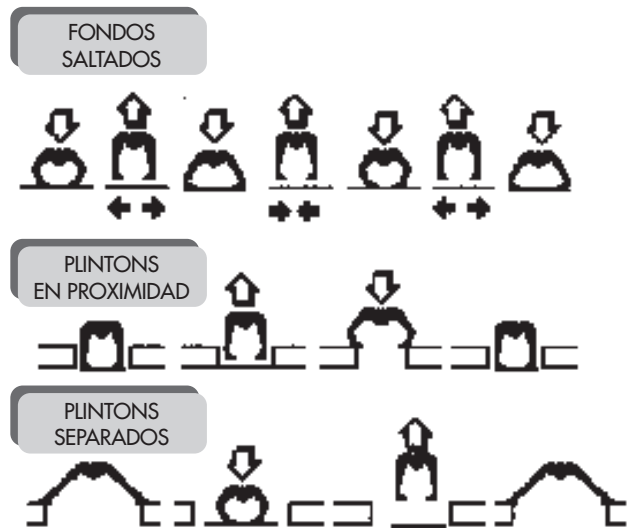


Figura 167. Pliometría para los brazos (fondos).

Se proponen tres situaciones para los fondos:

- Fondos con salto y desplazamiento de manos (se relaja y se impulsa, manos giradas hacia el interior).
- Plintons en proximidad: el trabajo pliométrico se realiza sobre los plintons con una reflexión profunda. Realizamos en el suelo el apoyo, brazos en extensión.
- Plintons separados: es la situación con más dificultad. Consiste en un salto hacia abajo sobre las manos. En esta ocasión el esfuerzo se realiza sobre el suelo.

– *Dominadas*

El trabajo pliométrico en este ejercicio se realiza en uno o varios tiempos de rebote en la posición inicial de la dominada. Se puede igualmente mandar al sujeto, en suspensión en la barra fija, que se desplace realizando sueltas de ambas manos al mismo tiempo.



Figura 168. Dominadas pliométricas.

- *Balones medicinales*
Ponemos como ejemplo el trabajo en posición de saque de fútbol.

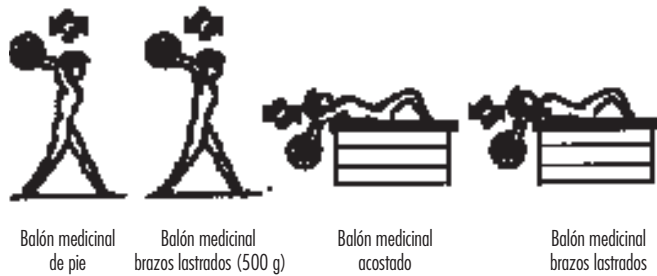


Figura 169. Ejercicios pliométricos con balón medicinal.

Estos ejercicios se pueden realizar de pie, sentados o acostados. La posición de acostados tiene la ventaja de localizar mejor el movimiento en los hombros. Durante la ejecución de estos ejercicios se insiste en el movimiento hacia atrás del balón medicinal con la finalidad de favorecer el estiramiento muscular.

VARIACIONES EN LA COLOCACIÓN

Generalmente se ejecuta la pliometría de piernas sobre plintons. La reacción espontánea del individuo es no flexionar mucho las rodillas (fig. 170 a). Bosco fue el primero que concibió la idea de variar voluntariamente el ángulo de flexión de la rodilla. El atleta, en lugar de tomar como posición inicial la de piernas extendidas, se dejará caer con una flexión de rodillas de 90° (figura 170 b). Bosco muestra que esta modificación provoca progresos espectaculares en detente. Para la extensión podemos igualmente proponer una salida con gran flexión (30°) y una recepción en la misma posición (fig. 170 c). Estas tres posibilidades pueden ser utilizadas solas en el curso de una sesión, dos, o las tres al mismo tiempo.

La alternancia de las diferentes colocaciones impone al músculo requerimientos variados, favorables de cara al progreso. Las

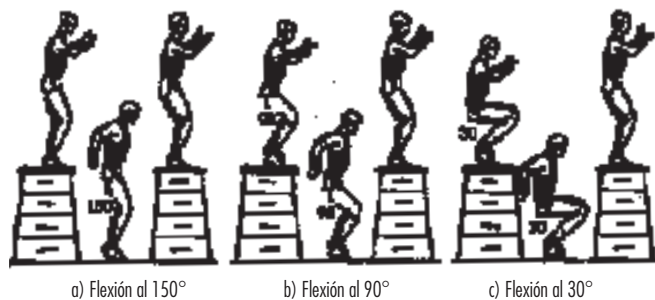


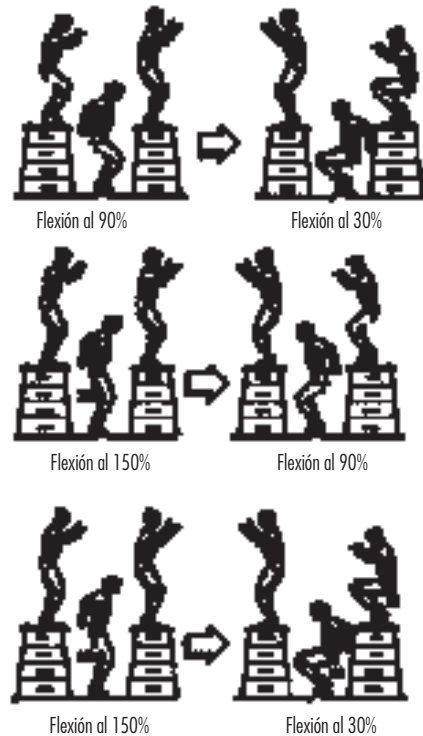
Figura 170. 3 variaciones sobre la colocación en los ejercicios pliométricos.

flexiones considerables (ángulos de 90 y 30°) son, sin embargo, muy peligrosas puesto que producen lesiones profundas de la estructura muscular (a menudo acompañadas de agujetas), por lo que no es aconsejable la utilización excesiva de estas colocaciones en los períodos de competición. Estas dos angulaciones, por otro lado, nunca se utilizan solas en la misma sesión. La posición de 150° es por consiguiente utilizada en mantenimiento como ejercicio de compensación para evitar traumatismos musculares importantes.

Las cantidades de trabajo son variables en función del nivel de los atletas. Es poco frecuente superar las 7 a 10 series de 8 a 12 saltos. La recuperación entre las series es de 7 minutos más o menos. Estas cantidades son propuestas por Zanon y Vercoshanski.

Las alturas de salto varían entre 50-70 cm para las chicas y 70-90 cm para los chicos de nivel considerable (saltador de altura por ejemplo). Para los atletas de inferior nivel los plintons deben por consiguiente ser más bajos.

Por 2: Cada encadenamiento se repite de 3 a 7 veces



Por 3

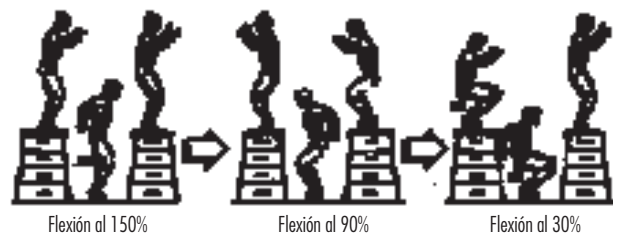


Figura 171. Combinaciones de las diferentes flexiones.

VARIACIONES EN EL DESPLAZAMIENTO



a) Las zancadas saltadas: largo desplazamiento sobre el apoyo



b) Los "skippings": corto desplazamiento sobre el apoyo

Figura 172. Ejercicios de pliometría simple que permiten variar el desplazamiento sobre el apoyo.



Plintons en proximidad: pequeño desplazamiento



Bancos separados: grande desplazamiento

Figura 173. Pliometría intensa con variaciones de desplazamiento.

Conservando la misma colocación podemos hacer variar el desplazamiento sobre el apoyo. Podemos basarnos en los ejercicios de pliometría simple (fig. 172) sobre el trabajo con plintons (fig. 173).

Para el trabajo de saltos hacia abajo se juega con la separación de los plintons (o de los bancos), la flexión de rodillas aumenta naturalmente con la separación de los plintons.

VARIACIONES DE TENSIÓN

Dependen esencialmente de la importancia del salto. Para incrementar la tensión muscular se aumenta la altura del salto. Para disminuirla se efectúan rebotes sobre el sitio aligerando al sujeto con la ayuda de elásticos fijados al techo. Hay que hacer notar que las alturas máximas para los saltadores de altura de alto nivel son 1,10 m. La aligeración no debe ser muy importante para que sea eficaz (10-20% del peso del cuerpo). Esto permite mejorar la velocidad de contracción, que se traduce en la posibilidad de alcanzar rápidamente una fuerza considerable.

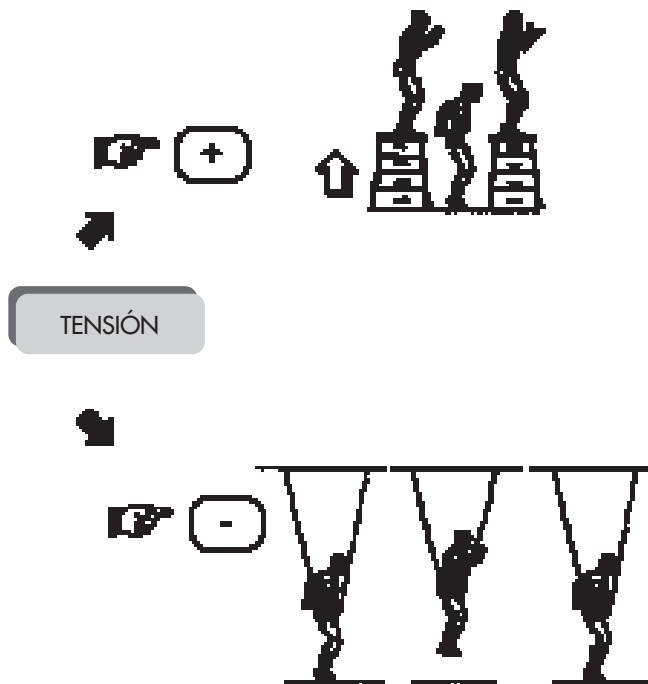


Figura 174. Variaciones de tensión.

EJERCICIOS CON CARGAS

Pliometría con cargas para las piernas

Existe la posibilidad de trabajar de forma pliométrica con las piernas, es suficiente para ello realizar 1/2 squats con uno o varios tiempos de rebote (fig. 175). La flexión puede ser variable (de 90 a 160°), escasa, puesto que la carga debe ser alta. Por razones de seguridad es preferible por consiguiente una flexión próxi-

ma a los 90°. En período de competición es buena la aproximación del ángulo al específico de la disciplina. Teniendo en cuenta las cargas tan pesadas impuestas por la pliometría es necesario subrayar las soluciones que permiten hacer una limitación de riesgos para los principiantes. Una combinación consisten en encadenar en la misma serie squats completos con cargas medias y 1/2 squats con cargas más pesadas. El encadenamiento puede ser el siguiente:

- 2 squats completos al 70% + 3 1/2 squats al 100% (del máximo en squat completo) + 2 squats completos al 70% + 3 1/2 squats al 100% (fig. 176).

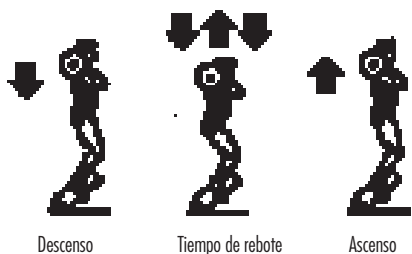


Figura 175. Los squats "pliométricos".



2 squats completos 70% 3 1/2 squats 100% 2 squats completos 70% 3 1/2 squats 100%

Figura 176. Series alternas squats - 1/2 squats pliométricos.

Pliometría con cargas para los brazos

- *Extensiones acostado (press de banca):*

Podemos exigir un cambio de manos con suelta de barra en posición baja con intención de provocar un estiramiento suplementario. El atleta debe dejar descender ligeramente la barra (para asumir bien el estiramiento) antes de iniciar el ascenso (figura 177). La carga utilizada va del 50% en series de 6 al 80% en una sola repetición.

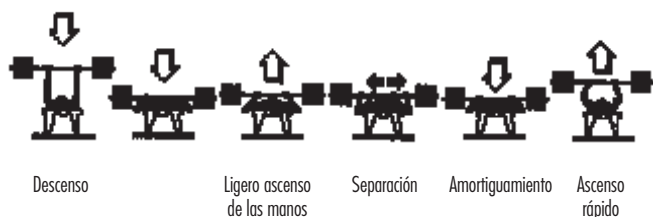


Figura 177. Press-banca pliométricos.

El trabajo en aberturas con tiempo de rebote contribuye igualmente al estiramiento muscular (pectorales principalmente) (figura 178).



Figura 178. Aberturas pliométricas.

- *Los pull-overs:*

Igual que en las aberturas, se trata de marcar uno o varios tiempos de rebote en posición baja.



Figura 179. Los pull-overs pliométricos.

Las cargas varían entre el 50 y el 80%. Las series no sobrepasarán las 10 repeticiones.

EL MÉTODO DE LOS CONTRASTES (O BÚLGARO) APLICADO A LA PLIOMETRÍA

Insistiremos esencialmente en el contraste "ejercicios con carga-ejercicios sin carga".

EL MÉTODO DE LOS CONTRASTES APLICADO A LOS EJERCICIOS DE PIERNAS Contraste "con cargas-sin cargas"

Existe la posibilidad en el caso de la contracción pliométrica de hacer una alternancia entre "pliometría pesada" y "pliometría

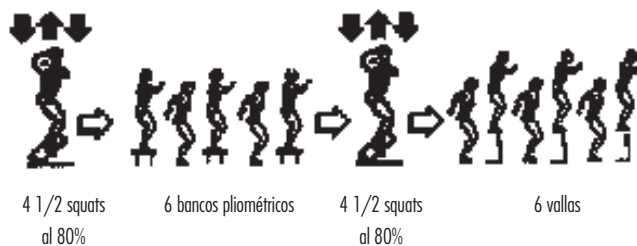


Figura 180. El método de los contrastes (aquí "con y sin cargas") aplicado a la pliometría.

ligera". Los ejercicios de pliometría sin carga son efectivamente eficaces para conservar en el músculo su funcionalidad "natural". No obstante, es preferible alternar la serie de la figura 180 con una serie concéntrica con o sin carga. La cantidad de trabajo en una sesión puede ir de 8 a 12 series. La misma alternancia, ilustrada aquí en la serie, se puede hallar en la sesión.

Contraste "concéntrico-pliedométrico"

Esta alternancia presenta la ventaja de permitir una mejor recuperación muscular. El trabajo concéntrico es efectivamente menos "perturbador" que la pliometría. Se presentan dos posibilidades:

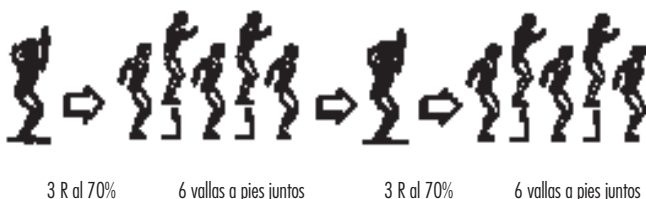
- El trabajo con cargas se efectúa de forma concéntrica.
- El trabajo con cargas se efectúa en pliometría.

EN LA SESIÓN



6 a 10 series en total en la sesión

EN LA SERIE



4 a 8 series en total

Figura 181. El contraste "concéntrico-pliedométrico" con cargas en concéntrico.

La figura 181 ilustra la alternancia trabajo concéntrico-pliedométrico con cargas en concéntrico. Se constata que el contraste puede hacerse en el transcurso de la sesión o de la serie.

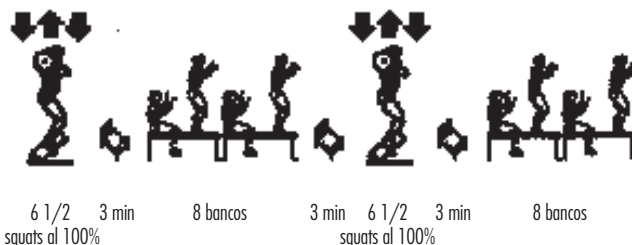
Se puede igualmente colocar el trabajo con cargas en los ejercicios pliométricos. Este tipo de encadenamiento está evidentemente reservado a los atletas avanzados (teniendo en cuenta la importancia de las cargas). Los porcentajes de la figura 182 se expresan en función de la carga máxima en squat completo.

Los métodos que se presentan en las figuras 180 a 182 se

deben practicar de 4 a 6 semanas al menos antes de una competición. La combinación "cargas-sin-carga" es en efecto de larga recuperación.

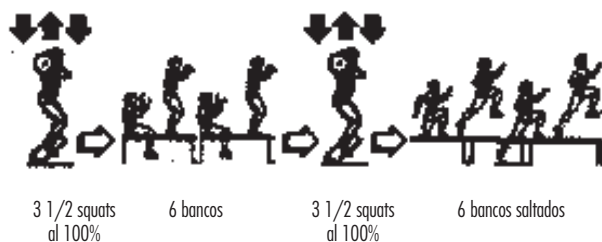
EL MÉTODO DE LOS CONTRASTES APLICADO

EN LA SESIÓN



8 a 12 series en total

EN LA SERIE



4 a 8 series en total

Figura 182. La combinación concéntrico-pliedométrico con cargas en pliometría.

EL MÉTODO DE LOS CONTRASTES APLICADO A LOS EJERCICIOS DE BRAZOS

Podemos evidentemente encontrar la lógica precedente para los ejercicios de brazos. Adjuntamos ilustraciones únicamente para la alternancia en la serie, pero se puede seguramente practicar de la misma manera en la sesión.

- *Press-banca:*

Mostramos en la figura 183 el contraste "carga-sin-carga", el contraste "concéntrico-pliedométrico" (con cargas en pliometría o en el concéntrico).

- *Dominadas*

El principio es el mismo para las dominadas. El máximo (100%) se calcula cargando al sujeto hasta que logra solo una RM. Es evidente que para algunos el trabajo con cargas será im-

CARGAS-SIN CARGA



4 a 8 series por sesión

CONCÉNTRICO-PLIOMÉTRICO: cargas en concéntrico



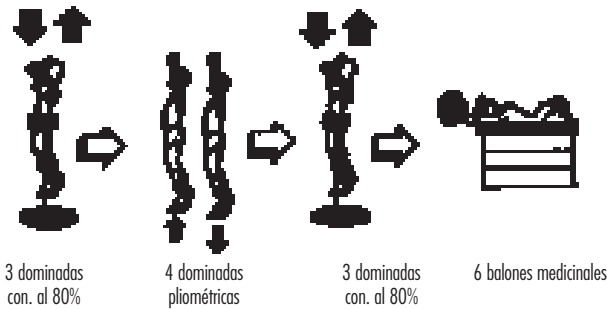
4 a 8 series por sesión

CONCÉNTRICO-PLIOMÉTRICO: cargas en pliometría



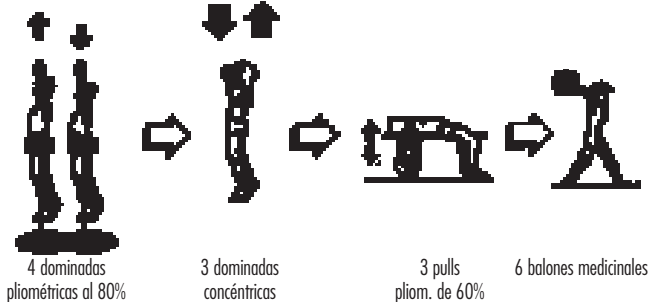
Figura 183. El método de los contrastes en extensiones acostados.

CONCÉNTRICO-PLIOMÉTRICO: cargas en concéntrico



4 a 8 series por sesión

CONCÉNTRICO-PLIOMÉTRICO: cargas en pliometría



4 a 8 series por sesión

Figura 184. Método de los contrastes aplicado a las dominadas.

posible, en este caso se podrá trabajar en suspensión inclinada para facilitar el trabajo dicho "sin carga".

Los pull-overs se registran igualmente como una alternancia al trabajo de dominadas.

LA PRE-FATIGA EN PLIOMETRÍA

La pre-fatiga es muy poco utilizada bajo la forma de trabajo pliométrico. Se puede, sin embargo, imaginar pre-fatiga en pliometría con el fin de disminuir las cargas utilizadas en concéntrico o en excéntrico. La sollicitación muscular, siendo diferente, permite poner al músculo en dificultad. La colocación con gran flexión de rodillas está particularmente adaptada a este efecto.

SQUATS



PRE-FATIGA

PRESS-BANCA

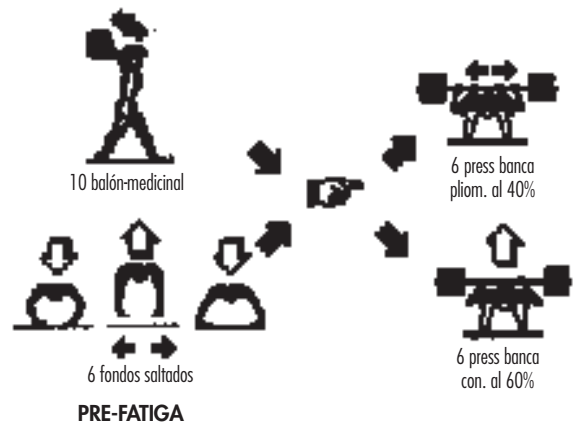


Figura 185. La pre-fatiga en pliometría.

La figura 185 ilustra este principio en los movimientos de squats y press de banca.

RESUMEN DE LOS MÉTODOS PLIOMÉTRICOS

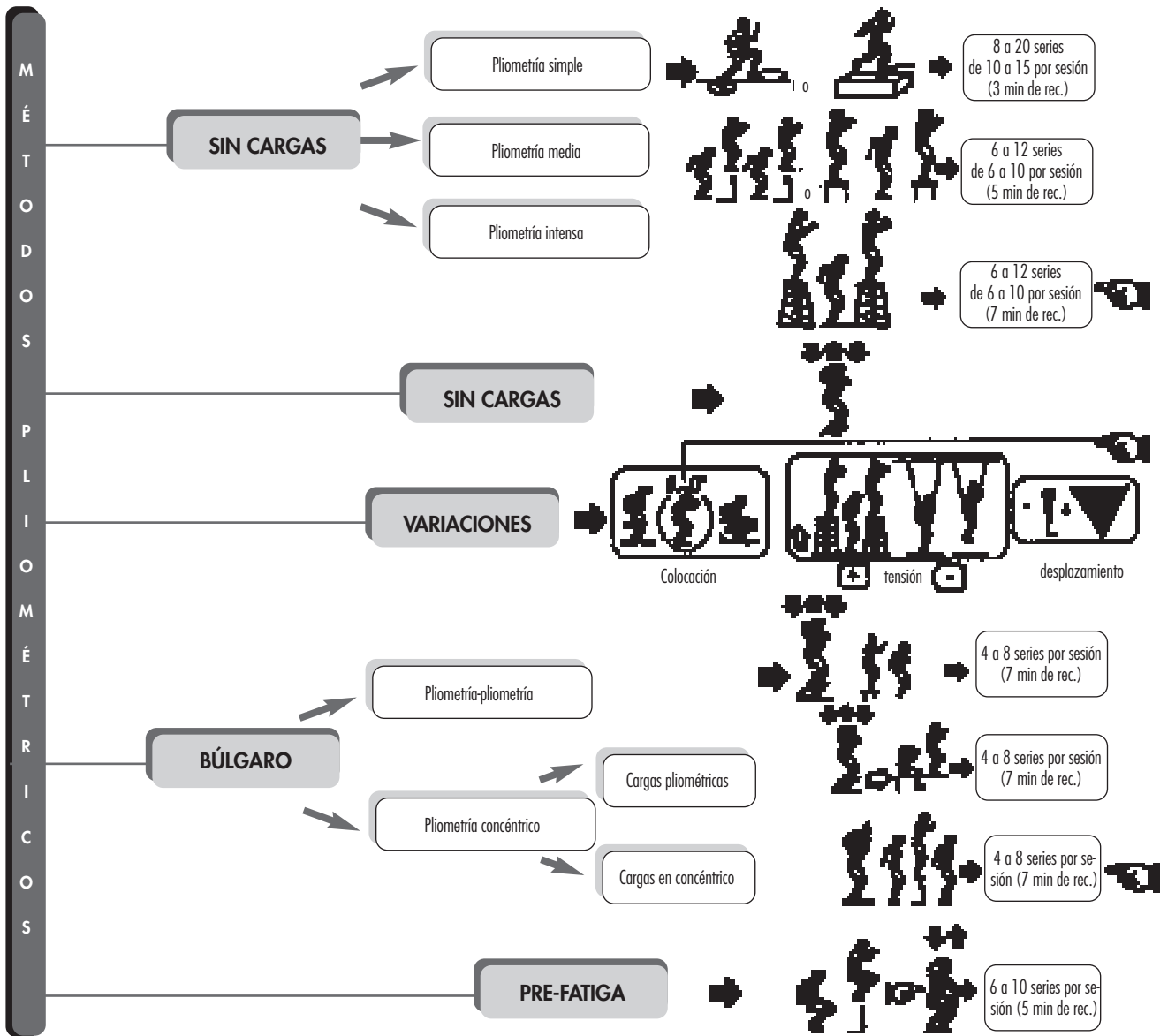


Figura 186. Resumen de los métodos pliométricos.

PLANIFICACIÓN DE LOS EJERCICIOS PLIOMÉTRICOS

EFFECTO INMEDIATO, EFFECTO RETARDADO, EFFECTOS ACUMULATIVOS

El efecto inmediato

Para una sesión de tipo "pliometría intensa" (plintons altos) Vercoshanski habla de 10 días de recuperación antes de una competición.

Está claro que se puede reducir este plazo utilizando un trabajo

de pliometría menos intensa que nosotros llamamos "pliometría media", es decir, con ejercicios con bancos o aros a pies juntos. En este caso, 3 días son suficientes para un atleta entrenado.

Las sesiones con contraste constituyen una forma de trabajo muy experimentado. Hemos observado de vez en cuando una baja de régimen de 15 días como consecuencia de una sesión de tipo "concéntrico con cargas y pliometría intensa sin cargas". Es preciso, pues desconfiar de este tipo de trabajo en períodos de competición.

Aconsejamos no programarlo a menos de 3 semanas de un objetivo.

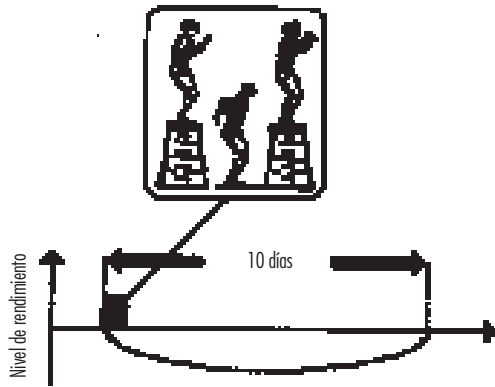


Figura 187. Efecto inmediato de una sesión de pliometría.

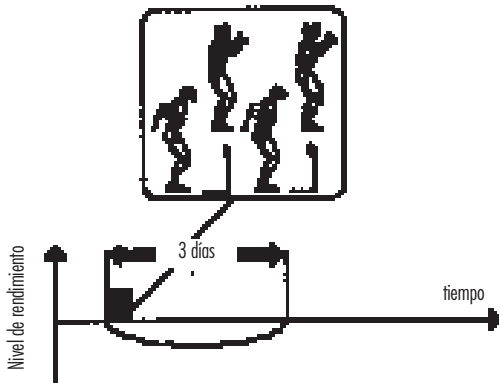


Figura 188. Efecto inmediato de una sesión de pliometría "media".

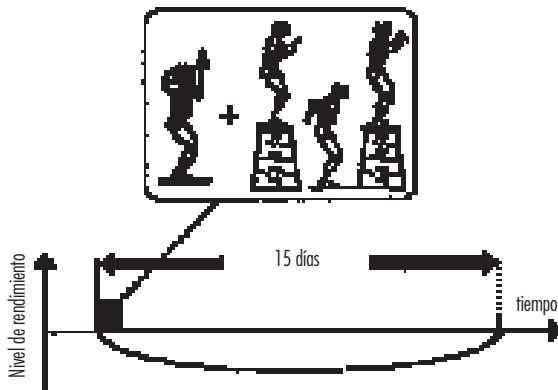


Figura 189. Efecto inmediato de una sesión de búlgaro "concéntrico con carga- pliometría intensa".

El efecto retardado

Concierne al trabajo realizado durante un ciclo. Examinaremos los dos ejemplos más significativos:

- Un ciclo de pliometría intensa (llamado por Vercoshanski "método de choque").
- Un ciclo búlgaro con carga en concéntrico.

Para ser preciso es necesario señalar que un ciclo de pliometría intensa soporta poco más de 4 sesiones de este tipo.

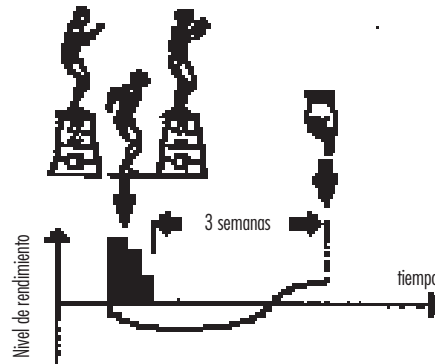


Figura 190. Efecto retardado de un ciclo de trabajo de pliometría intensa.

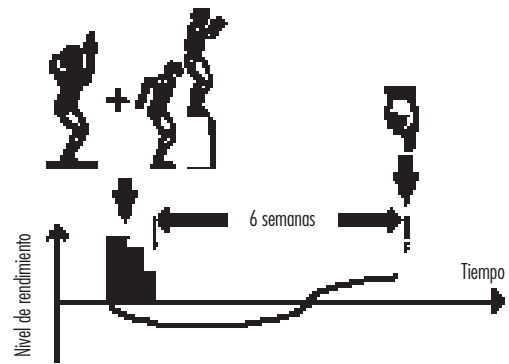


Figura 191. Efecto retardado de un ciclo de pliometría búlgara "concéntrico- pliométrico".

En el caso de la figura 191, el descanso de 6 semanas constituye un mínimo. Se puede planificar este tipo de ciclo más lejos aún del objetivo sin ningún problema.

Los efectos acumulados de la pliometría

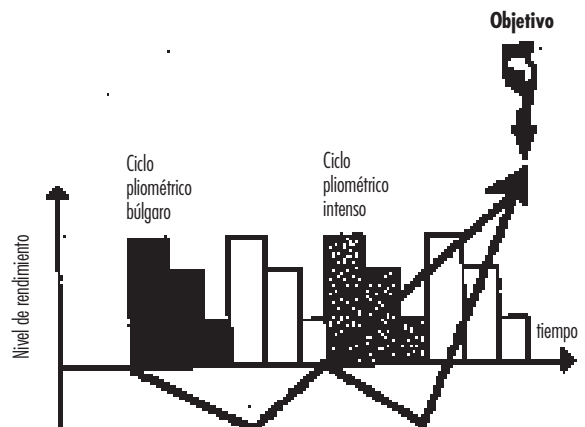


Figura 192. Efectos acumulados de los ciclos pliométricos.

El trabajo de pliometría es muy solicitante, pero igualmente muy eficaz, no es necesario entonces abusar (hablamos ahora de la pliometría intensa) por dos razones:

- Se corre el riesgo de extenuar al atleta (no podrá entonces beneficiarse de los efectos positivos).
- El atleta se habituara a la pliometría; este método no mostrará más su aspecto "estimulante".

PLANIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DURANTE EL AÑO

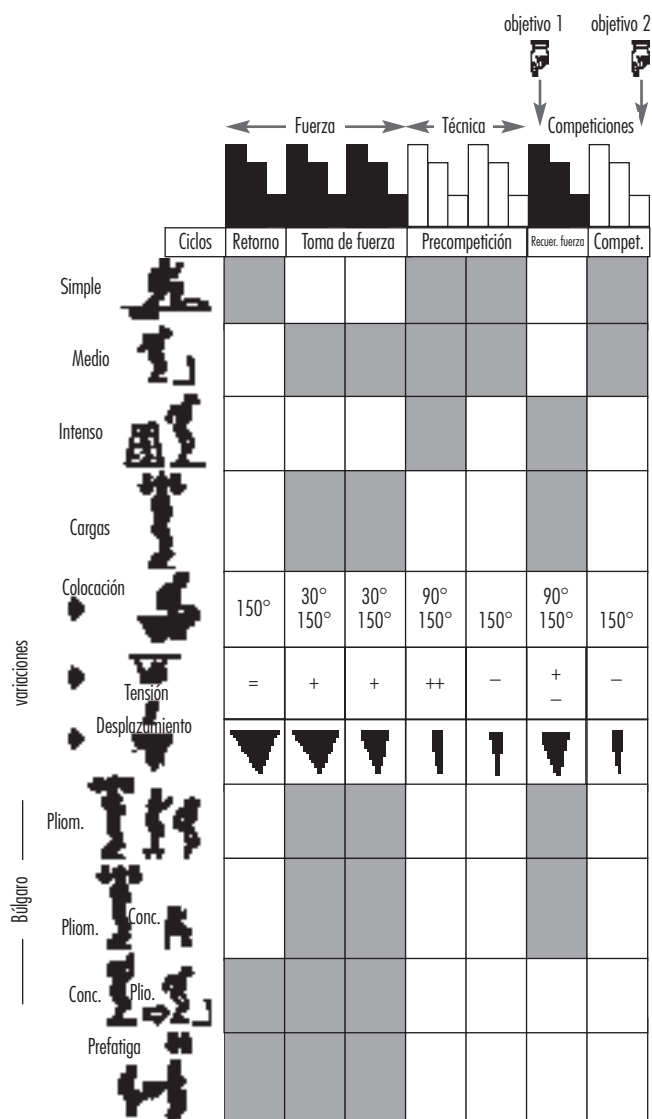


Figura 193. Planificación de los métodos durante el año.

Es por consiguiente difícil en estas condiciones considerar una planificación basada únicamente en el régimen de la pliometría. El trabajo pliométrico (la pliometría intensa) debe utilizarse de forma ocasional. Por el contrario, la pliometría simple (los saltos) puede emplearse a lo largo de todo el año.

Proponemos aquí los efectos acumulados de dos tipos de ciclos pliométricos con las reservas emitidas precedentemente.

LOS MÉTODOS PLIOMÉTRICOS Y EL NIVEL DEL ATLETA

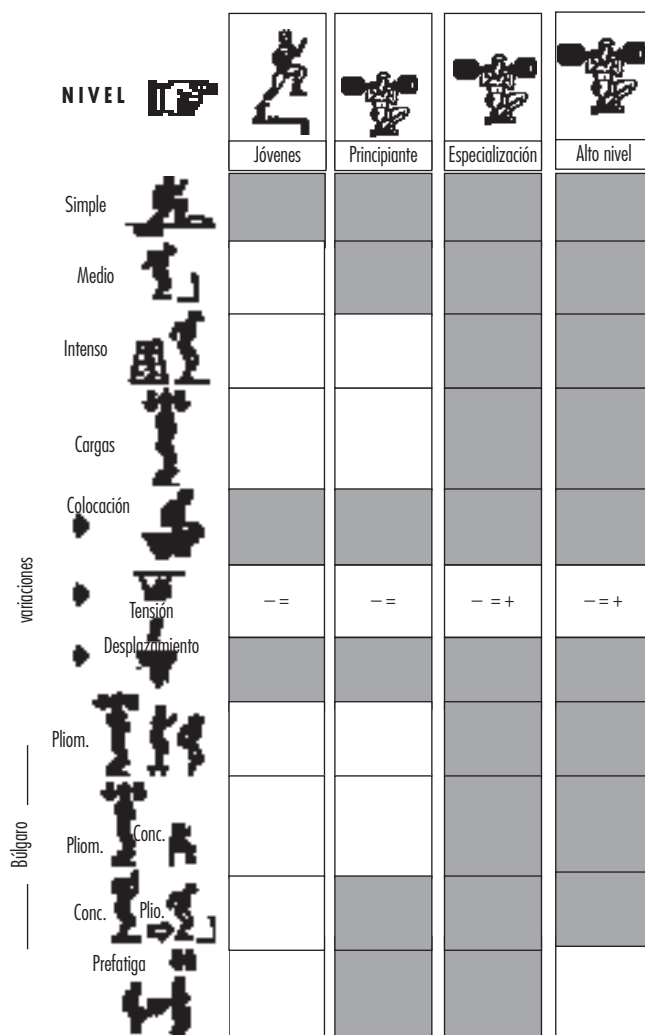


Figura 194. Los métodos pliométricos y su utilización en función del nivel del atleta.



- ☞ BOSCO, C. (1985): L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva, *En Athleticastudi* jan-fev. 1, 7-117. Trad. Inseps, n.º 644.
- ☞ COMETTI, G. (1988): La pliométrie, compte-rendu du colloque de février 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, ed: université de Bourgogne.
- GAMBETTA, V. (1987): Les principes de l'entrainement pliométrique, *En traduction Insep* n.º 579 (edited by Insep).
- LUNDIN, P. (1985): Revue de l'entrainement pliométrique, *En traduction Insep* n.º 558 (edited by Insep).
- ☞ SCHMIDTBLEICHER, D. (1985): Classification des méthodes d'entrainement en musculation, *En traduction Insep* n.º 498 (edited by Insep).
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1985): L'entrainement de force: 2ème partie: l'analyse structurale de la force motrice et de son application à l'entrainement, *Sciences du sport*, septembre 1985.
- TSCHIENE, P. (1986): Modifications dans la structure du cycle annuel d'entrainement, *En traduction Insep* n.º 547 (edited by Insep).
- VERCOSHANSKI, J.V. (1985): Modèle d'organisation de la charge d'entrainement au cours du cycle annuel, *En traduction Insep* n.º 472 (edited by Insep).
- ☞ ZANON, S. (1974): Plyometrie für die Sprünge, *Leichtathletik*, 16, 549-552.

La mejora de la fuerza por electroestimulación

INTRODUCCIÓN

Tal como lo mostramos en la primera parte, la electromiostimulación representa una forma de musculación donde las modalidades son muy particulares. Aconsejamos abordar esta técnica con prudencia y tomando la precaución de trabajar con personas competentes. Es igualmente importante dominar la musculación tradicional antes de utilizar esta técnica. Trataremos aquí las características de este tipo de trabajo. Veremos seguidamente cómo combinarlo con otros regímenes, para finalizar con la planificación de las sesiones y los ciclos de electromiostimulación.

PARTICULARIDADES DEL TRABAJO POR ELECTROMIOESTIMULACIÓN

CONDICIONES DE TRABAJO

La resistencia

El principio fundamental consiste en trabajar contra una resistencia. Efectivamente la contracción inducida por electroestimulación provoca un acortamiento del músculo; esta contracción se prolonga tanto que el músculo es estimulado. Si la palanca no encuentra resistencia, la contracción se ejercerá entonces de tal forma que el músculo se encontrará en un acortamiento máximo; esta situación es dolorosa. Se opone entonces una resistencia a la contracción muscular. La resistencia fija es la más simple que se coloca en el proyecto material, es entonces en isometría como los atletas trabajan en estimulación. Se puede evidentemente preguntar por la eficacia de esta técnica (electroestimulación con resistencia fija) y si no será preferible un trabajo en condiciones de concéntrico o excéntrico. Portmann (1988) comparó las dos modalidades concéntrica e isométrica concluyendo que los resultados eran idénticos. Se tiende entonces al trabajo más simple que se

pueda emplear (resistencia fija). El trabajo dinámico en electroestimulación presenta multitud de problemas.

Lo más difícil de resolver es el respeto de un tiempo mínimo de contracción que permita un trabajo eficaz: duración mínima de 3 segundos a la cual se añaden 1 segundo de ascenso en intensidad y 1 segundo de descenso, siendo 5 segundos. Tomemos el ejemplo del cuádriceps con el atleta en posición sentado; es necesario que la pierna emplee 5 segundos para efectuar la ascensión contra una resistencia móvil. Este tiempo es extremadamente largo y supone unos preparativos complejos de tipo isocinético incompatibles con una práctica cómoda de la electroestimulación.

Posición del músculo estimulado

Portmann demostró que en el caso del cuádriceps el beneficio más importante se obtiene en posición más bien acortada (nunca en acortamiento completo).



Figura 195. Posición de trabajo del cuádriceps.

Posición de los electrodos



Figura 196. Posición de los electrodos para el cuádriceps (según B. Joly, CRF le Muesberf).

Nosotros mostraremos aquí sólo los principales músculos de las piernas. Obsérvese que los electrodos negativos son más gruesos que los electrodos positivos.

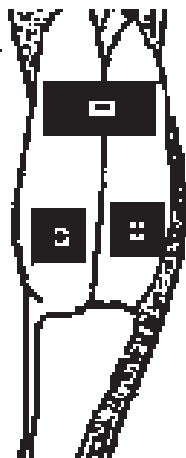


Figura 197. Posición de los electrodos para el tríceps sural (según B. Joly, CRF le Muesberg).



Figura 198. La estimulación de los glúteos.

Se constata que para los dos músculos precedentes se dispone de un solo electrodo negativo (que recoge los dos hilos negativos) y de dos electrodos positivos.

La figura 198 presenta la disposición para los glúteos.

Duración de las contracciones

La mayor parte de los instrumentos procuran un aumento (a menudo regulable) progresivo de la intensidad de la contracción. Una ascensión muy brusca limitaría la eficacia, el atleta tendría molestias en el caso de una contracción muy violenta. Este aumento es por término medio de 1 segundo. Para una contracción eficaz es necesaria una meseta mínima de 3 segundos.

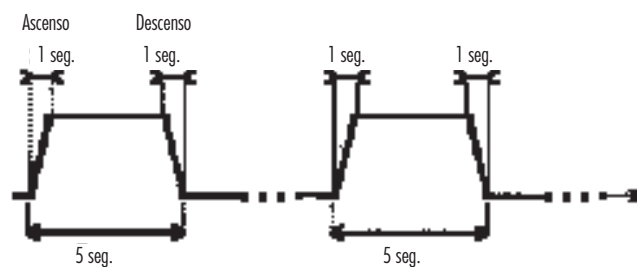


Figura 199. Duración mínima de las contracciones.

Se puede modular el efecto de la electroestimulación sobre la masa muscular haciendo variar la duración de la contracción inducida. La duración va de 3 a 10 segundos (esta variación se refiere a la meseta, no se cuenta ni el tiempo de ascenso ni el de descenso).

Las duraciones próximas a 3 segundos son más favorables al desarrollo de la fuerza explosiva, sin incremento muy espectacular de la masa muscular (bajo reserva de respetar ciertas condi-

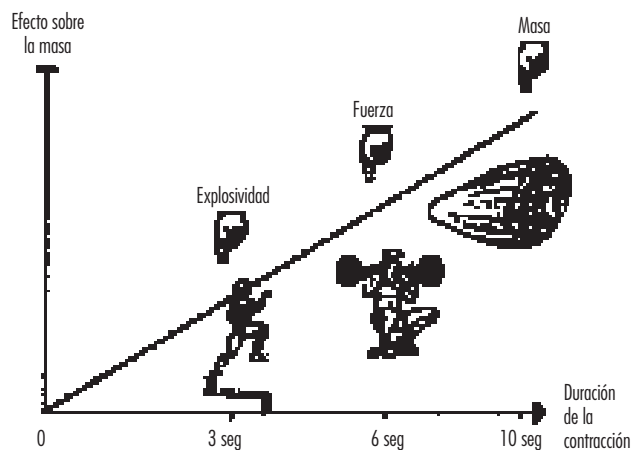


Figura 200. Influencia de la duración de la contracción.

ciones de duración de impulso y de tensión máxima). Los tiempos de contracción del orden de 8 a 10 segundos son eficaces para agotar el músculo e influir sobre la masa muscular.

Duración de los tiempos de descanso

Para poder repetir contracciones eficaces, es necesario manejar tiempos de descanso suficientemente largos. Los tiempos inferiores a 10 segundos no permitirán efectuar contracciones intensas. El tiempo de descanso mínimo es del orden de 15 segundos. Cuanto más se insiste en la calidad de la contracción (con el fin de mejorar la fuerza máxima o la fuerza explosiva), más importante debe ser el tiempo de descanso. Aconsejamos en este preciso caso un tiempo de reposo 3 a 5 veces superior a la duración de la contracción. Para el trabajo de masa muscular, la recuperación puede ser menos larga, el tiempo de reposo será 2 a 3 veces el tiempo de contracción. En resumen, el tiempo de contracción cualquier que sea el objetivo, no cae por debajo de los 10 segundos y no sobrepasa nunca los 30 segundos.

CORRIENTES UTILIZADAS

Las corrientes de Kotz se han abandonado a favor de las corrientes de impulsos. Estas últimas son más fáciles de soportar y más eficaces.

Forma de los impulsos

Varía en función de los aparatos. Las principales formas utilizadas se representan en la figura 201. Obtienen globalmente los mismos resultados en los atletas que no tuvieron un entrenamiento de fuerza muy acelerado. Puesto que se aplican a atletas de nivel superior las formas de los impulsos tienen gran importancia. Los

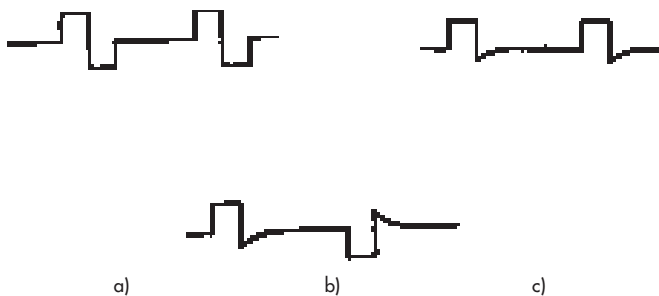


Figura 201. Diferentes formas de los impulsos.

impulsos rectangulares (fig. 201 a) parecen dar mejores resultados que los impulsos de formas diferentes (fig. 201 b). Lo ideal sería un aparato con una gama de impulsos que el entrenador pueda seleccionar.

Duración de los impulsos

Independientemente de la forma del impulso se puede hacer variar la duración de éste. En el curso de un estudio pudimos demostrar que la duración del impulso (manteniendo iguales los restantes parámetros) tenía una influencia sobre la fuerza máxima desarrollada por electroestimulación. Cuanto más se incrementa la duración del impulso (de 40 a 400 microsegundos), mayor es la fuerza desarrollada (fig. 202).

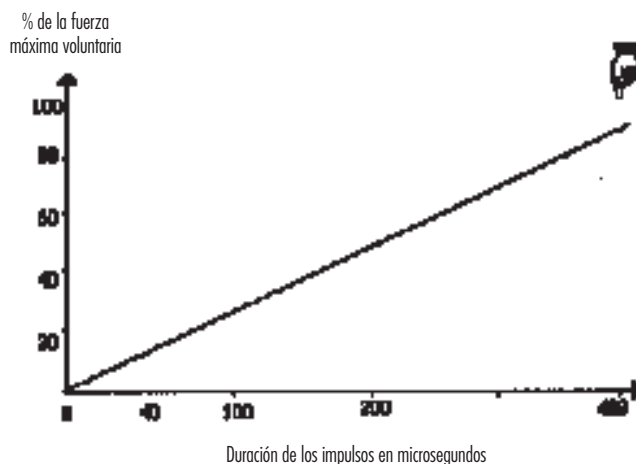


Figura 202. Influencia de la duración del impulso sobre la fuerza máxima desarrollada por electroestimulación.

Frecuencia de los impulsos

Para mejorar la fuerza muscular se utilizan frecuencias superiores a 50 Hz. Se puede ascender hasta 100 Hz para poner el acento en la fuerza explosiva.

ELECTROMIOESTIMULACIÓN Y OTRAS FORMAS DE CONTRACCIÓN

No es aconsejable nunca trabajar solamente con electroestimulación. Es necesario emplear otras formas de contracción. Lo más corriente es la utilización del régimen concéntrico.

La isometría no es muy aconsejable, puesto que la electroestimulación se efectúa según esta modalidad. El régimen excén-

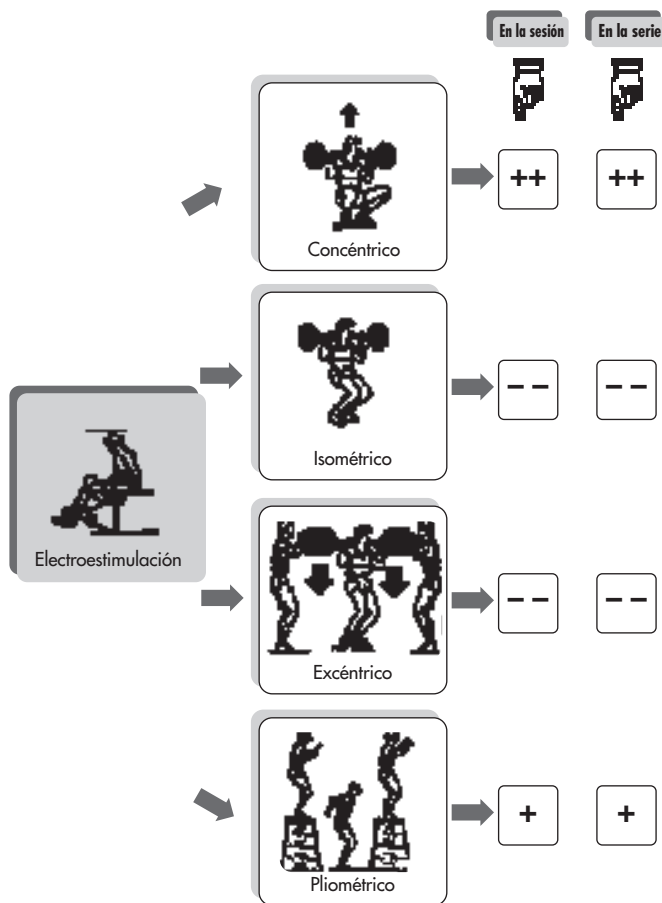


Figura 203. La electroestimulación y los demás regímenes.

tricio se debe combinar igualmente con prudencia, pues sus efectos destructores (a nivel de la estructura muscular) son comparables a los de la electroestimulación. Estos dos tipos combinados pueden provocar en el atleta un agotamiento muscular muy avanzado.

Sólo quedan dos posibilidades: la pliometría y el concéntrico.

En teoría es posible combinar los tipos en la sesión y en la serie. Con la electroestimulación, la combinación en la sesión es posible; por el contrario, en la serie se plantean problemas prácticos.

Es en efectivo complejo pasar rápidamente de la situación de estimulación a un ejercicio de squat o de saltos, por ejemplo. La instalación de los electrodos es muy prolongada. Hay que contentarse a menudo con un encadenamiento en la sesión.

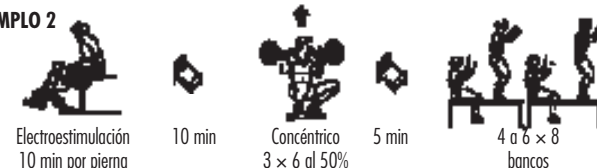
La solución más simple consiste en realizar primeramente el trabajo de electroestimulación y después encadenar un método más tradicional. Se puede igualmente proceder a una alternancia entre electroestimulación y método clásico (fig. 204, 3 y 4; fig. 205, 3). Esta solución es más difícil de llevar a cabo, supone dos instalaciones de electrodos y es por supuesto, netamente menos práctica. Una combinación concéntrico-pliometría-electroestimulación es igualmente posible (fig. 206).

ELECTROESTIMULACIÓN Y CONCÉNTRICO

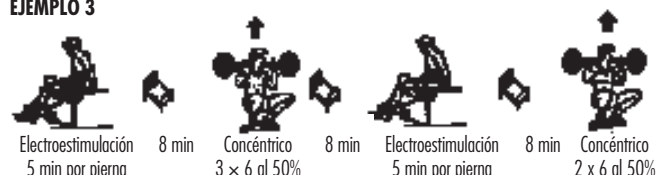
EJEMPLO 1



EJEMPLO 2



EJEMPLO 3



EJEMPLO 4

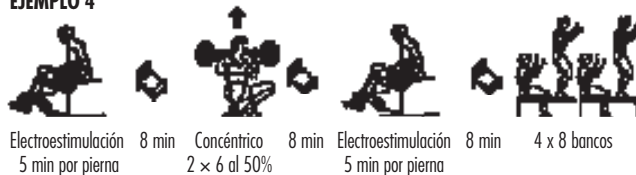
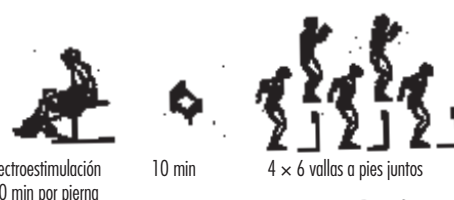


Figura 204. La electroestimulación y el trabajo concéntrico.

ELECTROESTIMULACIÓN Y PLIOMETRÍA

EJEMPLO 1



EJEMPLO 2



EJEMPLO 3

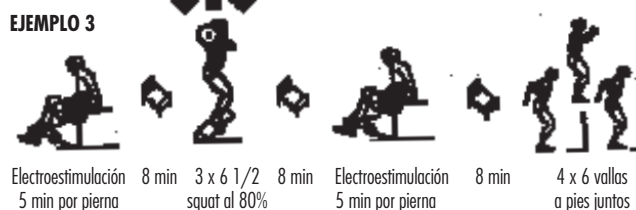


Figura 205. La electroestimulación y la pliometría.

ELECTROESTIMULACIÓN – CONCÉNTRICO Y PLOMETRÍA

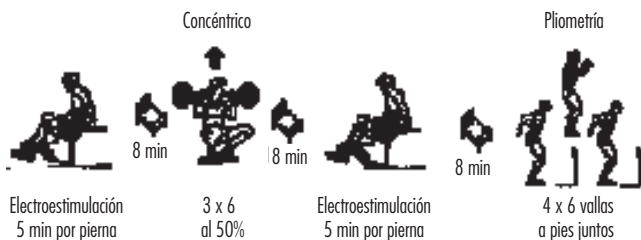


Figura 206. La combinación concéntrico-plométrico y electroestimulación.

Las diferentes combinaciones son interesantes para preservar la coordinación específica de los músculos estimulados.

PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE ELECTROESTIMULACIÓN

LA SESIÓN

Duración de las estimulaciones

La duración media de la sesión de estimulación es 10 min por músculo estimulado. El tríceps sural es la excepción, no necesita sobrepasar 5 min. La estimulación de este músculo provoca en efecto agujetas muy intensas.

Número de músculos estimulados

No es necesario superar 3 músculos por sesión. La sesión tipo para las piernas conlleva las estimulaciones:

- De los cuádriceps (10 min cada uno).
- De los tríceps surales (5 min cada uno).
- De los glúteos (10 min por músculo).

Para el tronco el problema se complica. Los músculos son más numerosos, es necesaria una elección. Los pectorales son fáciles de estimular, el dorsal mayor y los deltoides igualmente. Es importante preguntarse sobre la estimulación y el funcionamiento cardíaco. En duraciones cortas de los impulsos (del orden de 400 microsegundos) el peligro es nulo, el corazón es receptivo a duraciones de los impulsos mucho mayores.

Los abdominales representan otro caso particular. Se puede en efecto llegar hasta 20 min por sesión con unas duraciones de contracción prolongadas (10 segundos).

LA SEMANA

El número de sesiones por semana es tres o cuatro. Para los músculos de la pierna aconsejamos tres sesiones. Es recomendable dejar 1 día de descanso entre sesiones. En el transcurso de es-

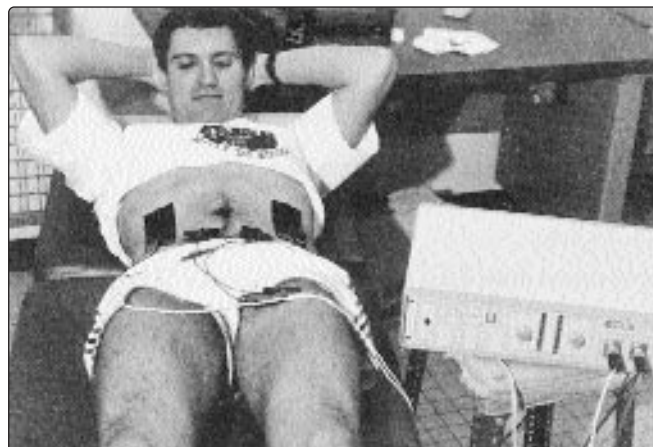


Figura 207. La estimulación de los abdominales.

te día se hará funcionar los músculos estimulados de forma no intensiva; la carrera es la solución más interesante para las piernas. El calentamiento debe comprender estiramientos y contracciones de poca intensidad. No es necesario solicitar de forma intensiva los músculos durante la semana de estimulación.

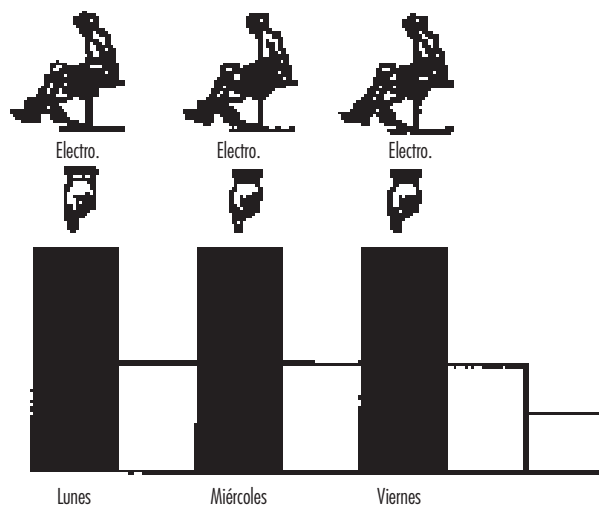


Figura 208. La semana de trabajo en electroestimulación.

Los abdominales pueden trabajarse todos los días.

EL CICLO

Es de 3 semanas, pero a menudo es preferible hacer dos ciclos de 3 semanas.



Figura 209. El ciclo de electroestimulación.

ENCADENAMIENTO DE LOS CICLOS

Al igual que los otros métodos, la electroestimulación debe disminuirse durante ciertos períodos. Se considera que la alternancia es la solución más eficaz. Se proponen entonces dos soluciones:

- 1 ciclo de electroestimulación - 1 ciclo de musculación tradicional.
- 2 ciclos de electroestimulación - 2 ciclos de musculación tradicional.

SOLUCIÓN 1



SOLUCIÓN 2

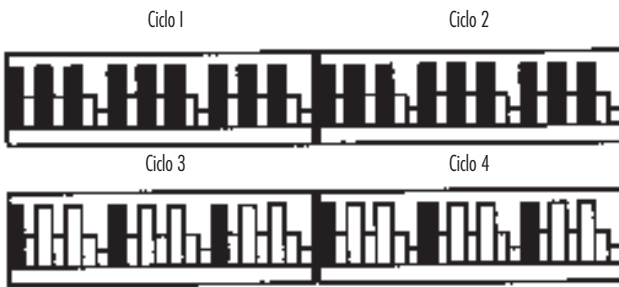


Figura 210. El encadenamiento de los ciclos.

EFFECTO INMEDIATO, EFFECTO RETARDADO

EL EFFECTO INMEDIATO

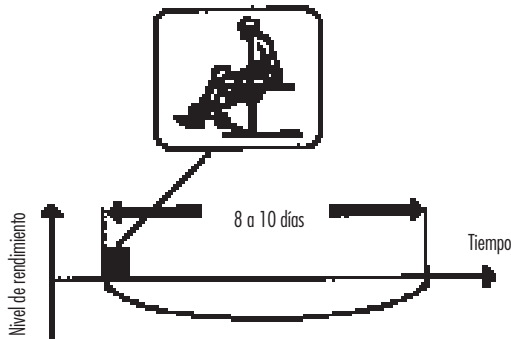


Figura 211. Efecto inmediato de una sesión de electroestimulación.

Una sesión de electroestimulación tiene efectos muy espectaculares. Las agujetas son muy intensas. El efecto inmediato es del mismo orden que en una sesión excéntrica, de 8 a 10 días.

EL EFFECTO RETARDADO

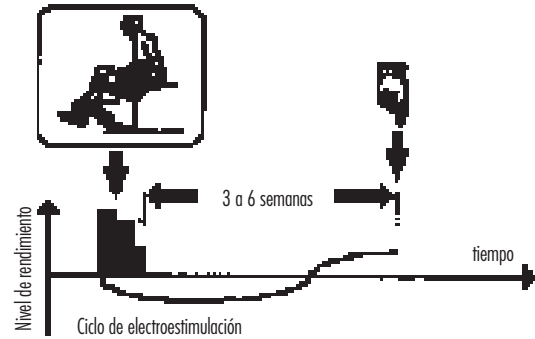


Figura 212. Efecto retardado de un ciclo de electroestimulación.

Son necesarias alrededor de 3 semanas para alcanzar una eficacia superior, después de un ciclo de electroestimulación. Este período puede llegar hasta 6 semanas.

LA ELECTROESTIMULACIÓN EN EL AÑO

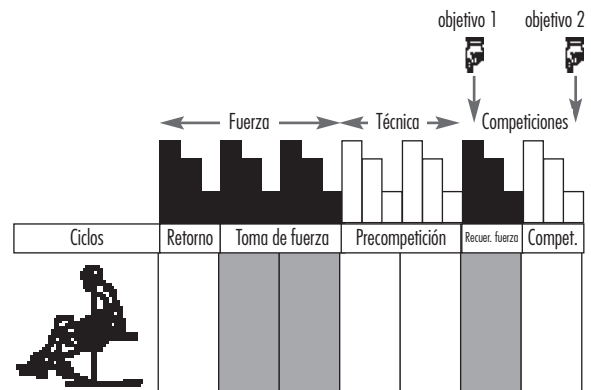


Figura 213. La planificación de la electroestimulación durante el año.

Evidentemente es posible conservar un trabajo de electroestimulación durante los períodos que no se mencionan, con una sesión semanal y una finalidad de mantenimiento.

LA ELECTROESTIMULACIÓN Y EL NIVEL DEL ATLETA

Consideramos dos ejemplos:

- Los atletas lesionados que no pueden practicar una musculación normal, en el caso de problemas de espalda que impidan la práctica de squats, por ejemplo. Nada se opone a la práctica de la electroestimulación incluso en los jóvenes, cuando debe paliar la imposibilidad de practicar un método más clásico.
- Los atletas que no tienen ningún problema particular: en este caso es necesario reservar el método para los atletas avanzados. Es preferible educar a los jóvenes en las técnicas clásicas de musculación.

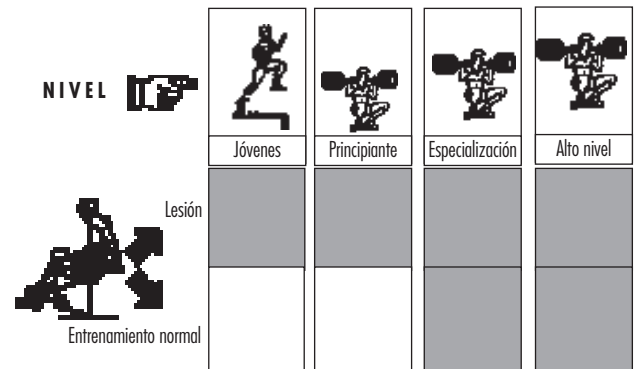


Figura 214. La práctica de la electroestimulación y el nivel del atleta.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ENTRENAMIENTO POR ELECTROESTIMULACIÓN



- ANZIL, F.; MODOTTO, P.; ZANON, S. (1975): Erfahrungsbericht über die Vermerhrung der isometrischen maximalen Muskelkraft durch Zusätzliche Elektrostimulation und die Kriterien ihrer Anwendung un Sport, *Atletica leggera*, 150, 33-36.
- ☞ CABRIC, M.; APELL, H.J. (1987): Effect of electrical stimulation of high and low frequency on maximum isometric force and some morphological characteristics in men, *International Journal of Sports Medicine*, 8, 256-260.
- COMETTI, G. (1988): La pliométrie, compte-rendu du colloque de février 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, ed: université de Bourgogne.

- ☞ ENOKA, R.M. (1988): Muscle strength and its development: new perspective, *Sports Medicine*, 6, 146-168.
- ☞ KOTZ, Y.M. (1971): Amélioration de la force musculaire par stimulation électrique, *Revue soviétique théorie et pratique de la culture physique*, 3-4, traduction Spivak, document Ins.
- LLOD, T.; DE DOMENICO, G.; STRAUSS, G.R.; SINGER, K. (1986): A review of the use of electro-motor stimulation in human muscles, *The Australian Journal of Physiotherapy*, 32, (1), 18-29.
- ☞ PORTMANN, M. (1980): Electromyostimulation, en *Physiologie appliquée de l'activité physique*, par Nadeau M et Peronnet F et coll, 255-258, Edition Vigot: Paris.

Los métodos combinados

INTRODUCCIÓN

Los métodos presentados en los capítulos precedentes son rara vez utilizados de forma aislada, como ya hemos mencionado. Es, pues, su combinación lo que vamos a ver a continuación. Veremos primero las distintas posibilidades y después sus utilidades.

LAS DIFERENTES COMBINACIONES

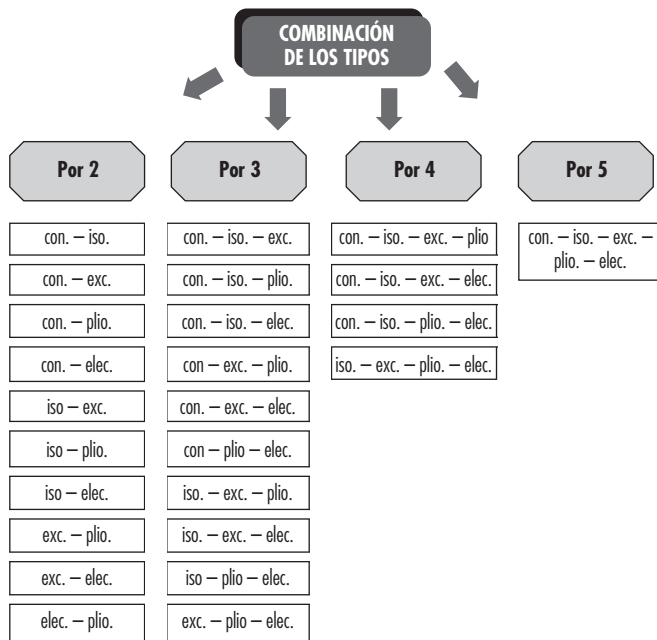


Figura 215. Las diferentes combinaciones de los tipos de contracción.

Los métodos pueden combinarse en la sesión o en la serie. Los agrupamos por 2, por 3, por 4 o por 5. El conjunto de posibilidades está representado en la figura 215.

LOS MÉTODOS AGRUPADOS POR DOS

Vamos a completar los agrupamientos que comportan el tipo concéntrico que ya hemos mencionado, con otras alternativas.

concéntrico + isometría	isometría + excéntrico	excéntrico + pliometría
concéntrico + excéntrico	isometría + pliometría	excéntrico + electroestimulación
concéntrico + pliometría	isometría + electroestimulación	pliometría + electroestimulación
	= combinaciones a evitar	
concéntrico + electroestimulac.		

Figura 216. Los métodos agrupados por 2.

Para comprobar el interés de estas diferentes combinaciones, hay que dominar la acción de los distintos tipos de contracción. La figura 217 esquematiza las incidencias de los distintos tipos cuando se combinan.

- El tipo concéntrico permite minimizar los daños musculares provocados por las otras formas de trabajo. Es favorable para el desarrollo de la explosividad.
- El tipo isométrico es interesante en el caso de la isometría total porque permite cuidar las estructuras musculares.
- El tipo excéntrico es el más eficaz para desarrollar la fuerza.
- La pliometría representa la solución ideal para mejorar la explosividad.
- La electroestimulación es casi tan eficaz como el trabajo excéntrico en lo que concierne a la fuerza. Permite, cuando se utiliza en pequeña cantidad, mejorar la explosividad.






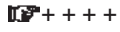
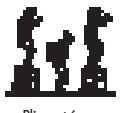
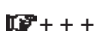

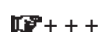
	Recuperación	Fuerza máxima	Explosividad
 Concéntrico	 + + +	+ +	+ + +
 Isometría	 + +	+	-
 Excéntrico	- -	 + + + +	- -
 Pliometría	-	-	 + + +
 Electroestimulación	- -	 + + +	+

Figura 217. Roles respectivos de los diferentes tipos de contracción cuando se combinan. (Recuperación significa que favorece la recuperación muscular.)

Combinando los tipos vamos a orientar su trabajo:

- Con el concéntrico y el excéntrico buscamos aumentar la fuerza (gracias al excéntrico) y mantener la explosividad y limitar las perturbaciones musculares (gracias al concéntrico).
- Con el concéntrico y la pliometría vamos a acentuar la explosividad.
- etc.

Agrupamientos de 2 elementos

Es la solución más simple. Consiste en agrupar en la sesión 2 situaciones (una por tipo). Las distintas posibilidades ya han sido ilustradas en la figura 216. Su puesta en práctica sugiere varias alternativas:

- El orden de encadenamientos de los tipos de contracción (¿cuál primero y por qué?).
- La presencia de cargas para uno de los tipos o para los dos.

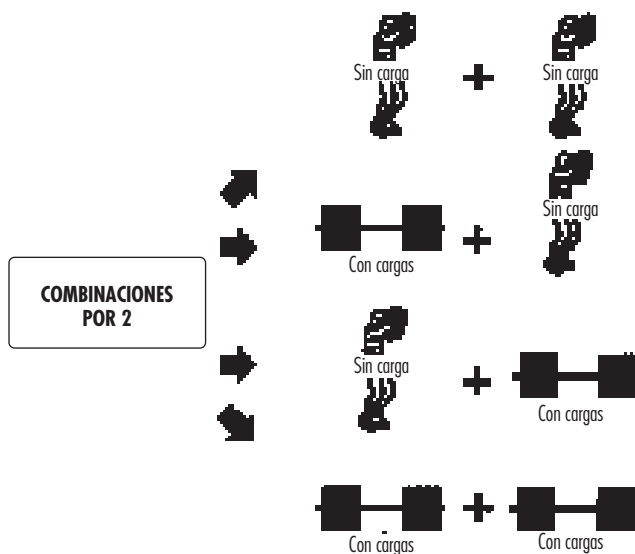


Figura 218. Diferentes combinaciones por 2 en función del parámetro "cargas-sin carga".

El hecho de estar en primera o en segunda posición y de ser practicado con o sin carga permite orientar el efecto de los tipos elegidos, como lo sugiere la figura 219.

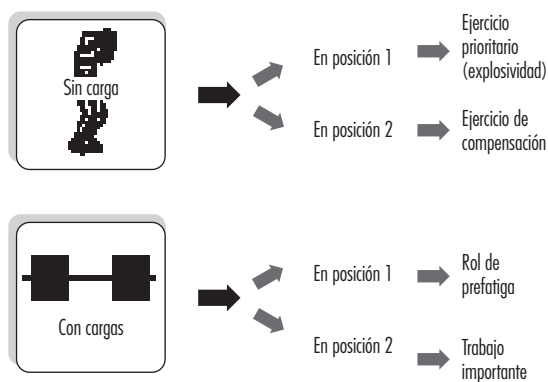


Figura 219. Influencia de la posición sobre el efecto de los tipos.

Agrupamientos de 3 elementos

Esta solución permite acentuar uno de los dos tipos.

El mismo tipo puede ser ejecutado con y sin carga (fig. 220). La figura 221 muestra dos ejemplos de este tipo de combinaciones.

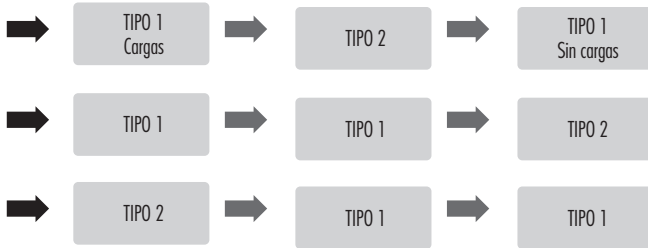


Figura 220. Agrupamiento de 2 tipos de 3 elementos.

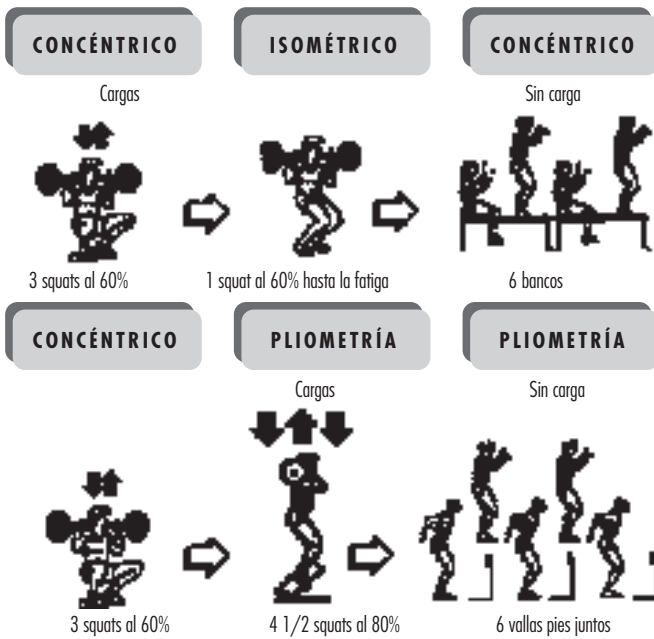


Figura 221. Dos ejemplos de combinaciones de 3 elementos.

Agrupamientos de 4 elementos



Figura 222. Ejemplos de combinaciones de 4 elementos.

Las posibilidades son muy numerosas, sólo vamos a dar algunos principios. Esta solución permite entre otras cosas encadenar una situación con cargas y una situación sin carga para cada tipo.

Este tipo de agrupamientos se practica con más frecuencia en la serie; evidentemente siempre es posible aplicarlo en la sesión.

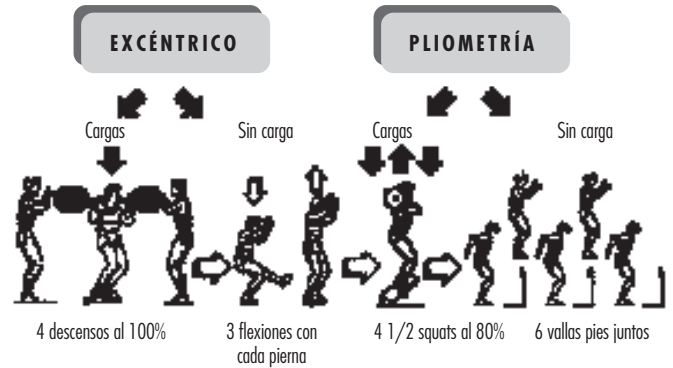


Figura 223. Combinación excéntrica-pliedométrica de 4 elementos.

Otra regla posible para construir este tipo de ejercicios consiste en apoyarse en el esquema de la figura 224.

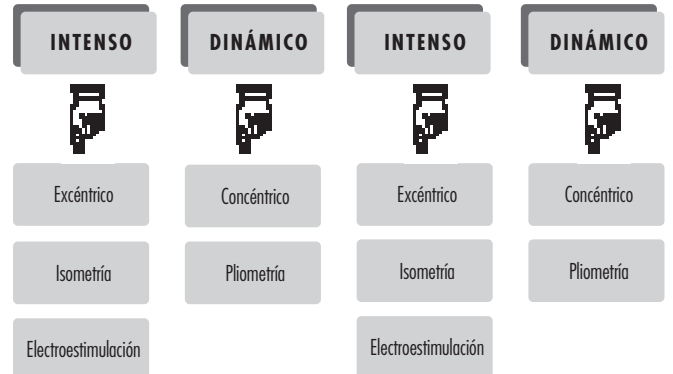


Figura 224. Modelo para la construcción de las combinaciones de 4 elementos.

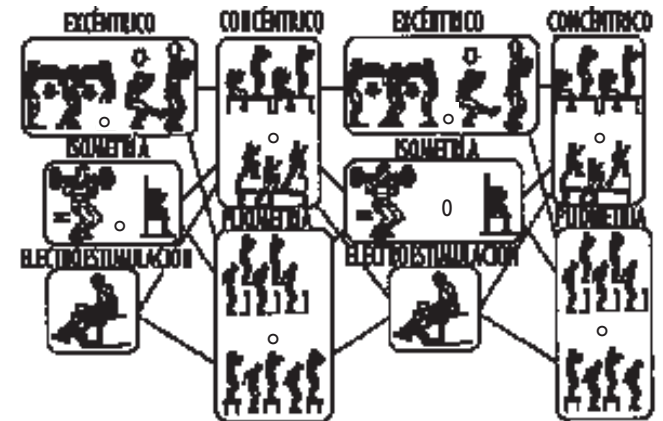


Figura 225. Ilustración de la construcción de las combinaciones por 4 elementos.

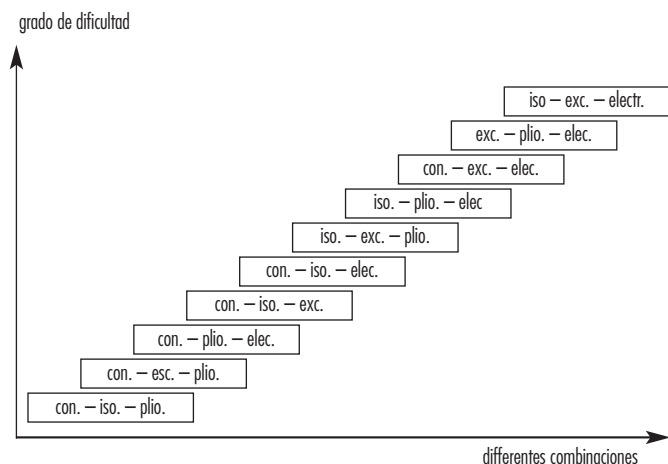


Figura 226. Grado de dificultad de las diferentes combinaciones de 3 tipos de contracción.

LOS MÉTODOS AGRUPADOS POR 3

El hecho de integrar un tipo suplementario tiende a alterar un poco más al atleta. Por el contrario, el efecto de estos tipos se minimiza. Está claro que abordamos este tipo de combinaciones únicamente cuando el atleta ya ha descubierto los distintos tipos 2 por 2.

Podemos clasificar las distintas combinaciones por grado de dificultad. La presencia de tipos excéntricos y de electroestimulación contribuye a endurecer los encadenamientos (fig. 226).

La utilización de estos grados de dificultad se realiza de la manera siguiente:

- Para los principiantes se utilizará sobre todo la primera combinación.
- Cuanto más avanzado sea el atleta más se puede subir el grado de dificultad.
- La combinación que figura en cuarta posición (con.-iso.-exc.) es la propuesta por Pletnev (pag. 137) y goza de reconocimiento en general.
- Para no correr riesgos, hay que utilizar las combinaciones que comporten concéntrico o por lo menos pliometría.

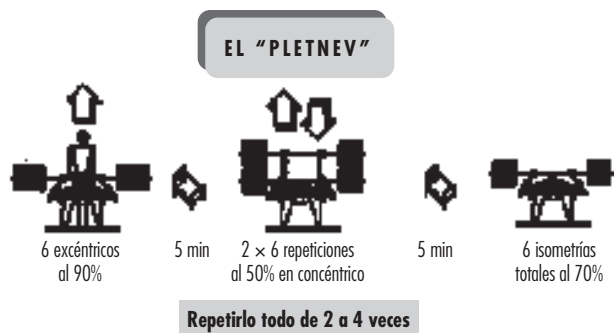


Figura 227. El "Pletnev" en press-banca.

Podemos proponer dos esquemas que nos parecen interesantes:

- Un modelo con contraste sin carga (en posición 2) (fig. 228).
- Un modelo con carga descendente (fig. 229).

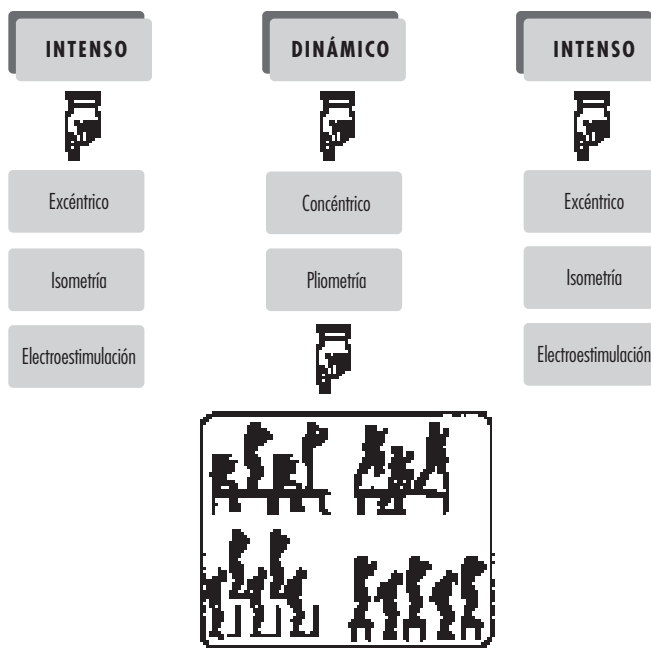


Figura 228. El modelo con "contraste sin carga" en posición 2.

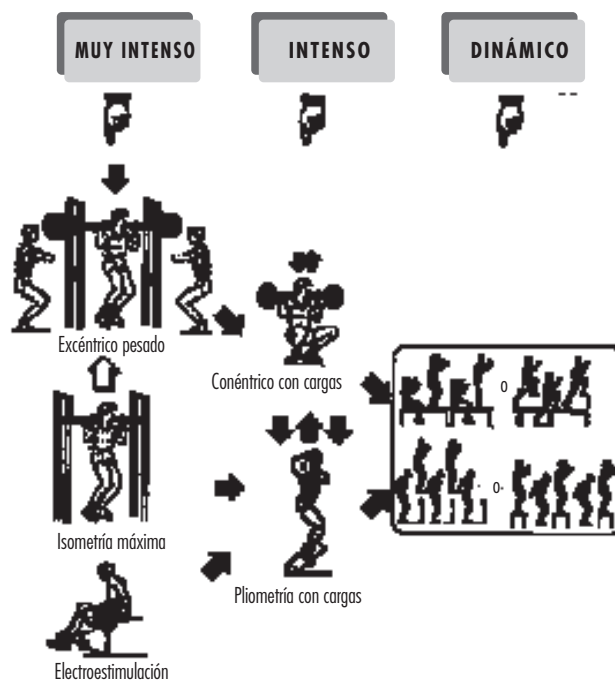


Figura 229. La carga "descendente" aplicada a la combinación de 3 tipos.

En el modelo con “contraste sin carga” son los tipos concéntrico y pliométrico los utilizados como situaciones sin carga (fig. 228).

En la carga descendente es aconsejable terminar con los mismos ejercicios sin carga (fig. 229).

Se puede evidentemente introducir 4 elementos en esta combinación de 3 tipos. Esto permitirá doblar uno de los tipos e insistir así en sus efectos particulares. La solución más simple reside en la posibilidad de efectuarlo con y sin carga. La combinación de 3 tipos con 4 elementos constituye para nosotros uno de los encadenamientos más interesantes en el plano del entrenamiento.

Conservando la lógica de la figura 224, podemos proponer en la figura 230 las 3 soluciones en lo que concierne a la posición del modo de contracción que se encuentra doblado. Para la solución 1, serán sobre todo los tipos isométrico y excéntrico. Para la solución 2, por contra serán los tipos pliométrico y concéntrico. Para la solución 3, serán los mismos (pliometría y concéntrico).

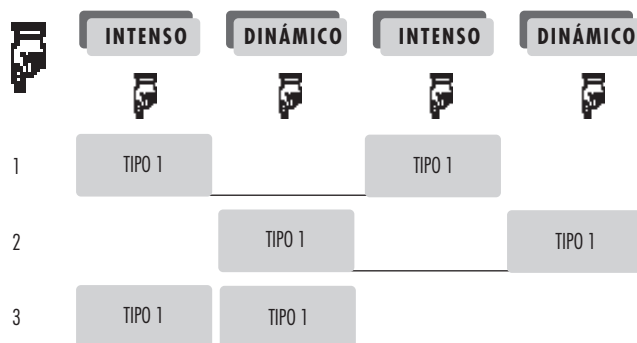
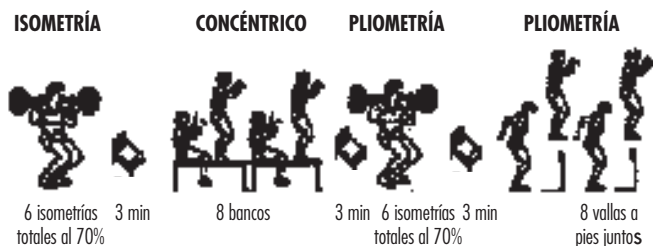


Figura 230. Posiciones de tipo de contracción que se encuentra doblada en la combinación de 4 elementos.

SOLUCIÓN 1: EN LA SESIÓN



SOLUCIÓN 2: EN LA SERIE

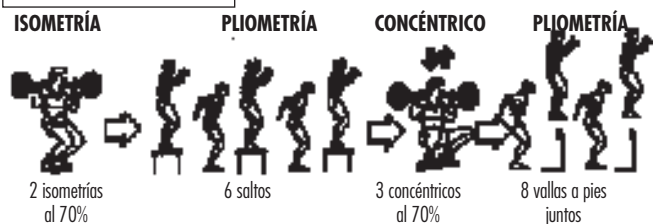


Figura 231. Ilustraciones de las soluciones 1 y 2.

SOLUCIÓN 3: EN LA SERIE

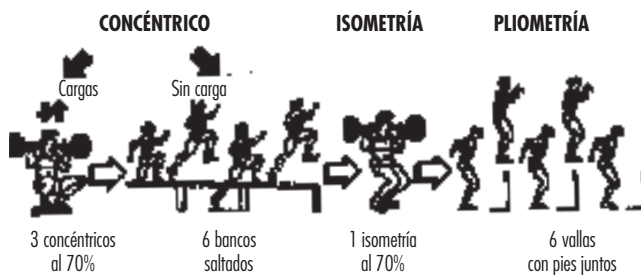


Figura 232. Ilustración de la solución 3.

LOS MÉTODOS AGRUPADOS POR 4

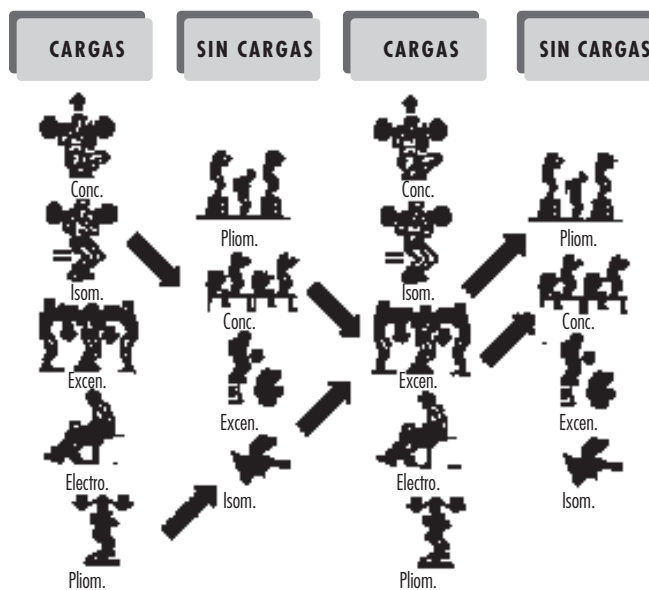


Figura 233. Modelo de construcción de las combinaciones de 4 tipos (se trazan 2 ejemplos de combinaciones).

Si exceptuamos la electroestimulación, se trata de combinar todos los modos de contracción. Esta posibilidad es evidentemente extrema. Proponemos en la figura 223 una lógica de construcción de encadenamientos. Esta lógica, basada en el contraste “cargas-sin carga”, está sobre todo destinada al encadenamiento en la serie. En una sesión se puede componer todos los métodos con cargas. Uno de los encadenamientos más prácticos está representado en la figura 234; lo hemos llamado el “super-Pletnev”.

No vamos a considerar la combinación de 5 tipos, que representa una situación difícil de realizar y no ofrece ventajas superiores a las de la combinación de los métodos por 4.

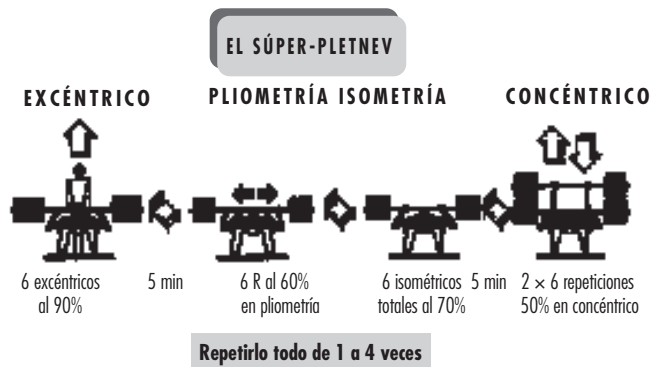


Figura 234. El "Super Pletnev": combinación de los cuatro tipos con cargas.

LA PLANIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS COMBINADOS

Los efectos de los métodos combinados son intermediarios en comparación con los métodos que les constituyen.

LOS MÉTODOS COMBINADOS POR 2 El efecto inmediato

Su efecto es parecido a lo que hemos visto para los métodos simples. En efecto, los métodos excéntricos, isométricos y pliométricos se encontraban siempre combinados con el concéntrico.

La presencia de un tipo que no sea el concéntrico tendrá una influencia en la duración de los efectos. Podemos aumentar los plazos de los efectos sustituyendo el concéntrico por los otros métodos.

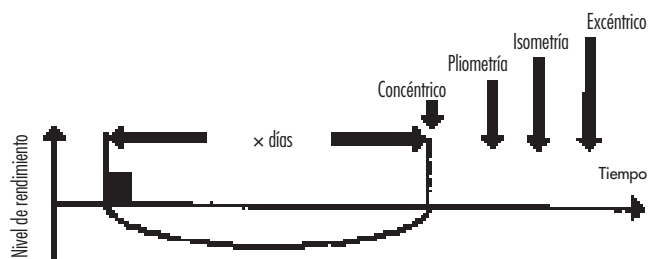


Figura 235. Influencia en el efecto inmediato del segundo tipo.

Explicación:

Conocemos los plazos de los diferentes tipos cuando están emparejados con el concéntrico. Si sustituimos éste por uno de los otros tipos, aumentamos el tiempo de recuperación en el orden indicado en la figura.

EL EFECTO RETARDADO

Vamos a partir de un ejemplo concreto: el efecto retardado de un ciclo de isometría total. Este ciclo, ya lo hemos visto, tiene

por medio un trabajo concéntrico. El efecto retardado en estas condiciones es 6 semanas. Si sustituimos el trabajo concéntrico por la pliometría, tenemos entonces un ciclo isométrico- pliométrico, donde el efecto retardado es superior (es difícil cifrarlo, depende de la intensidad de la pliometría). Si sustituimos la pliometría por el trabajo excéntrico, el efecto es todavía más retardado, acercándose al plazo de un ciclo excéntrico.

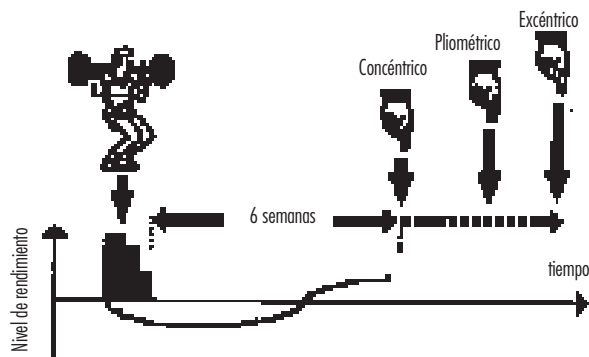


Figura 236. Efecto retardado de los métodos combinados por 2, ejemplo a partir de la isometría total.

LOS MÉTODOS COMBINADOS 3 Y POR 4

Cuanto más multipliquemos los tipos más se diluirán sus efectos. Así pues, es imposible ser más preciso sobre los efectos inmediatos y retardados. Para utilizar estos efectos de forma precisa, hay que emplear métodos que combinen 2 tipos.

LOS MÉTODOS COMBINADOS EN EL AÑO

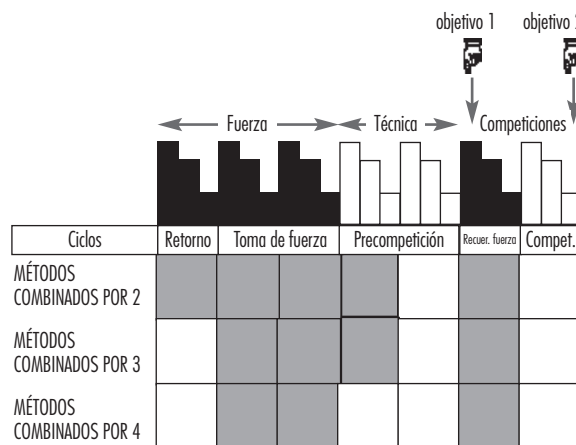


Figura 237. Los métodos combinados durante el año.

LOS MÉTODOS COMBINADOS Y EL NIVEL DEL ATLETA






NIVEL						
		Jóvenes	Principiante	Especialización	Alto nivel	
MÉTODOS COMBINADOS POR 2	Sin Carga					
	Con Cargas					
MÉTODOS COMBINADOS POR 3	Sin Carga					
	Con Cargas					
MÉTODOS COMBINADOS POR 4	Sin Carga					
	Con Cargas					

Figura 238. Los métodos combinados y el nivel del atleta.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LAS MÉTODOS COMBINADOS



- COMETTI, G. (1988): La pliométrie, compte-rendu du colloque de février 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, ed: université de Bourgogne.
- HAKKINEN, K. and KOMI, P. (1981): Effect of combined concentric and eccentric muscle work regimens on maximal strength development, *Journal of Human Movement Studies*, 7, 33-44.
- PLETNEV, B. (1976): The dynamics of muscle strength using different combined work regimens, *Theory and Practice of Physical Culture*, 9, 19-22.
- SCHMIDBLEICHER, D. (1985): Classification des méthodes d'entraînement en musculation, en *Traduction Insep* n.º 498 (edited by Insep).
- VIITASSALO, J.T.; AURA, O.; HAKKINEN, K.; KOMI, P. and NIKULA, J. (1981): Untersuchungen von Trainingswirkung auf die Krafterzeugung und Sprunghöhe, *Leistungssport*, 11, 4.

La planificación de ejercicios de fuerza

INTRODUCCIÓN

La planificación, como se muestra en la figura 239, se aplica en diferentes niveles:

- La sesión.
- El ciclo.
- El bloque.
- El período.
- El año.

Vamos a considerar estos diferentes niveles y los problemas particulares que plantean.

LA SESIÓN

Distinguiremos:

- Los ejercicios.
- Los tipos de sesión.

LOS EJERCICIOS Los principios

Para construir una sesión con el objetivo de desarrollar la fuerza, hay que someterse a un cierto número de principios:

- La sesión debe comprender un número limitado de ejercicios.
- Estos ejercicios deben ser suficientemente simples para permitir tests de fuerza máxima.
- El programa de cada ejercicio debe ser ejecutado en su integridad antes de pasar al ejercicio siguiente.

Esto es contradictorio con:

- Una gran variedad de situaciones.
- La noción de circuito, que corresponde más a un desarrollo de la resistencia.

La selección de ejercicios

Distinguimos según Alain Piron 3 tipos de ejercicios (la terminología es de Kuznetzov, la distinción funcional es de Piron).

- Los ejercicios generales.
- Los ejercicios multiformes.
- Los ejercicios específicos.

LOS EJERCICIOS ESPECÍFICOS

Corresponden a los ejercicios de competición en las condiciones cercanas a la competición. Kuznetzov (1980) muestra que los límites del gesto específico son muy precisos. Así, para un lanzador de jabalina destruimos el gesto específico cuando lanzamos un peso superior al 10% del peso de competición. También la carrera en bajada no debe efectuarse con una pendiente de más del 5%, si no el atleta construye otra combinación. Esto nos permite discernir mejor la frontera que separa el "específico" del "multiforme": el respeto al gesto de competición (en sus características espaciales y temporales).

Hay que tener cuidado con todas las situaciones imprecisas en las cuales por inquietud del respeto del gesto de competición se aumenta la dificultad:

- Es el caso de la utilización de chalecos lastrados (en fútbol o en tenis, por ejemplo). Se piensa que se preserva el gesto de

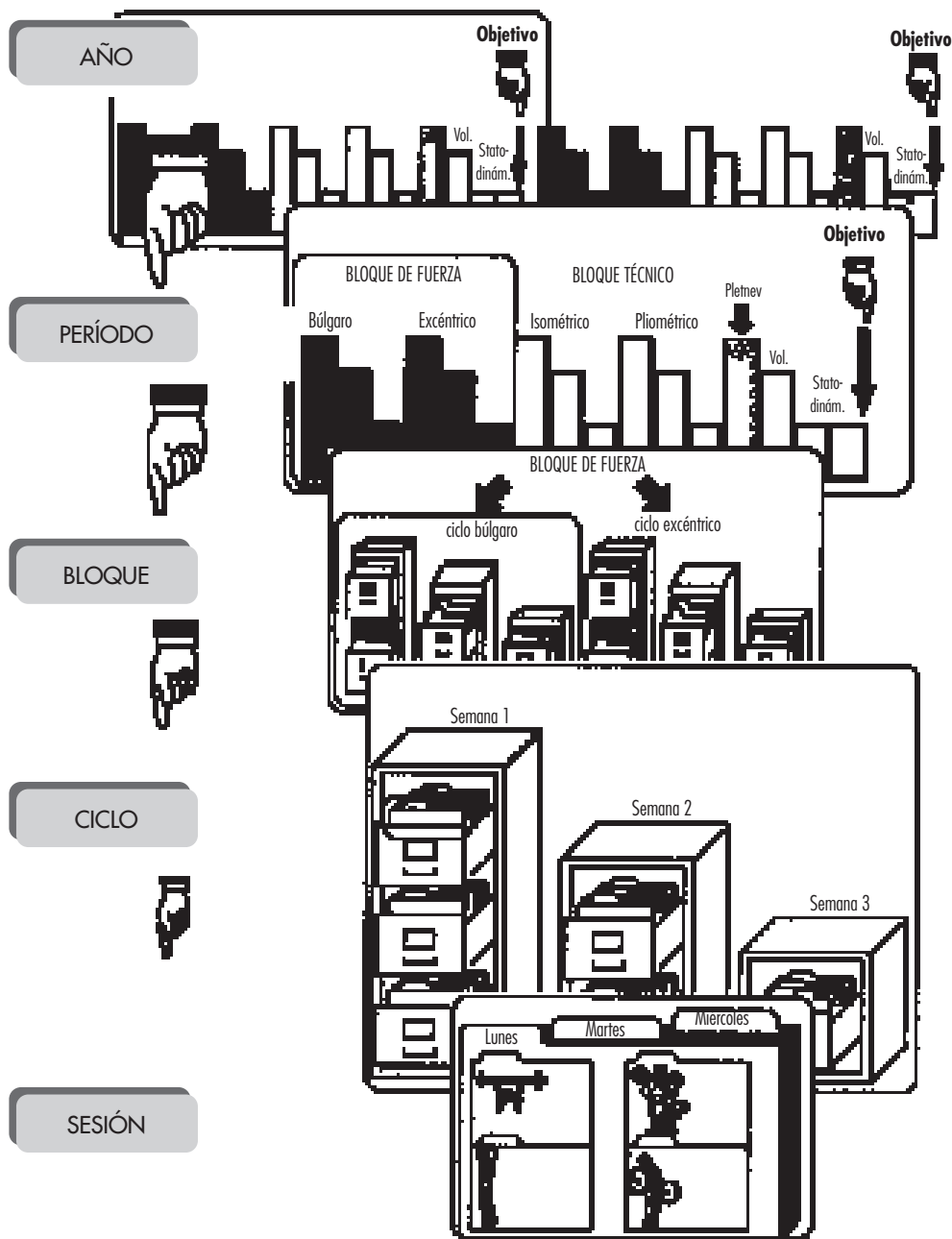


Figura 239. Las etapas de la planificación.

competición (ya que el atleta juega con el chaleco lastrado) y al mismo tiempo se mejora la fuerza. En realidad faltan los dos. El gesto técnico es diferente (estamos largamente fuera de los límites definidos por Kuznetsov) y estas situaciones son ineficaces para solicitar los parámetros esenciales de la fuerza (sincronización y fibras rápidas, por ejemplo).

- Es el mismo caso de los elásticos, de los mini-gym y de los carros en natación. El aspecto técnico no se conserva (Clarys, 1984) y la fuerza apenas está estudiada.

LOS EJERCICIOS MULTIFORMES

La frontera con el “específico” es bastante clara: el específico se detiene cuando la estructura del gesto de competición no está respetada.

La frontera entre “multiforme” y “general” queda por precisar. El trabajo multiforme debe respetar los principios de la disciplina. En atletismo las cosas están claras gracias a A. Piron. El atletismo obedece a 3 principios:



Figura 240. Los tres tipos de ejercicios.

- El desplazamiento corporal (en S).
- Las tensiones musculares pliométricas.
- El desplazamiento en el apoyo (o conservación de la velocidad).

La mayoría de los saltos corresponden a estos criterios. Podemos practicarlos con el fin de mejorar la fuerza útil para las situaciones atléticas. Damos algunos ejemplos de situaciones límite para hacer comprender la precisión de esta distinción.

Los saltos de sapos encadenados tienen dos condiciones: el desplazamiento sobre el apoyo y las tensiones pliométricas. Pero no respetan el desplazamiento (posición bastante "rota"). Son pues, ejercicios generales y no multiformes.

Los saltos a pies juntos en el mismo sitio tienen también 2 condiciones: el desplazamiento y las tensiones. Pero no comportan desplazamiento en el apoyo.

Para todas las situaciones que tienen ejercicios de detente (deporte colectivo, atletismo, gimnasia, etc.) la lógica precedente puede aplicarse en lo que concierne a las piernas.

Para las otras disciplinas son los especialistas de las diferentes disciplinas (y sólo ellos) quienes pueden definir los principios funcionales que permiten distinguir el trabajo multiforme del trabajo general.

LOS EJERCICIOS GENERALES

Deben responder a ciertos criterios. Solicitan las partes del cuerpo implicadas por la disciplina (brazos, piernas, abdo-lum-

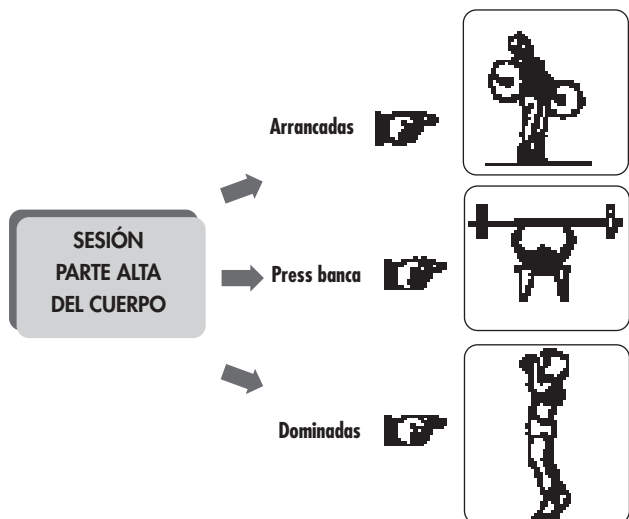


Figura 241. Sesión tipo para la parte superior del cuerpo.

bares). En general la historia de la disciplina los ha seleccionado como eficaces. Deben permitir la expresión de la fuerza máxima (es decir 1 RM). Para la parte superior del cuerpo podemos llegar a una elección de ejercicios tipo modulables en función de la disciplina (fig. 241).

Para las piernas el modelo más conocido consiste en distinguir el trabajo que tiene un dominio del cuádriceps (squats) del trabajo con dominio del tríceps (subida sobre las puntas del pie).

Está claro que insistimos esencialmente en los extensores. Deben considerarse los antagonistas (en particular los isquiotibiales). Nos parece un error considerar el trabajo de estos músculos con los mismos criterios que el de los músculos extensores. Estos músculos no se deben trabajar de la misma forma, pero se han de preparar para los esfuerzos específicos que les concierne.

Así, trabajar los isquiotibiales con la máquina de los isquiotibiales para hacerlos tan potentes como los cuádriceps no tiene sentido. En el caso del sprint, los trabajaremos de forma excéntrica para prepararlos para el trabajo que les espera.

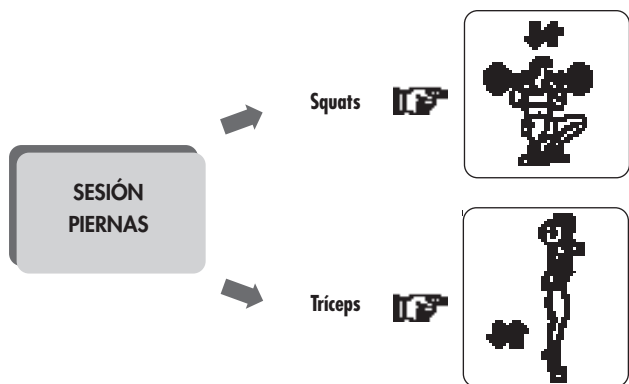


Figura 242. Ejercicios para las piernas.

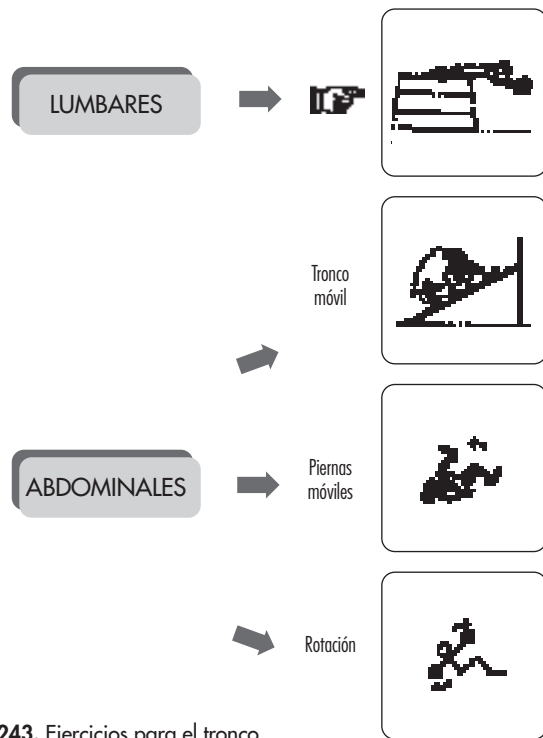


Figura 243. Ejercicios para el tronco.

En lo que respecta al trabajo del tronco, somos muy clásicos en la elección de los ejercicios (fig. 243).

En el resto de la obra insistiremos sobre todo en los ejercicios generales, porque son los más descuidados en la mayoría de las disciplinas. Es en estos ejercicios donde la fuerza muscular se desarrollará de forma privilegiada. Por otra parte, los otros ejercicios no son de nuestra competencia, sino de la de los especialistas de las diferentes disciplinas.

LOS DIFERENTES TIPOS DE SESIONES

Distinguiremos dos tipos de sesiones:

- La sesión orientada hacia la fuerza máxima.
- La sesión orientada hacia la fuerza específica.

La sesión de "fuerza máxima"

El objetivo aquí es mejorar la fuerza máxima en los ejercicios generales seleccionados. Concretamente hay que hacer que el atleta aumente su rendimiento en una RM en press-banca por ejemplo. Podemos aplicar entonces los principios y los métodos enunciados en este libro.

El entrenador ha de determinar si su disciplina debe beneficiar una ganancia de fuerza máxima y decidir si este tipo de sesión debe estar integrado en el programa. Nos parece que,



Figura 244. Sesión tipo de fuerza máxima (tipo concéntrico: esfuerzos repetidos).

salvo las disciplinas en las cuales la resistencia desempeña un papel primordial (medio-fondo, fondo, triatlón por ejemplo), la mayoría de estas especialidades conciernen a la fuerza máxima. Ofrecemos el esquema de una sesión para concretar nuestros propósitos (fig. 244).

La sesión de fuerza específica

Es evidente que en la mayoría de las disciplinas no se busca la fuerza máxima por sí misma, pero sí con vistas a una eficacia mayor en la competición. Hay que pensar entonces en la fuerza útil en la especialidad.

Se presentan dos casos:

- Una fuerza explosiva (que no debe realizarse más de una vez o de forma repetida pero con gran recuperación).



Figura 245. Secuencia de fuerza específica de tipo explosivo.

- Varias repeticiones de esfuerzos de fuerza de alta intensidad. Se tiende a hablar de fuerza repetitiva, pero este término no nos satisface plenamente.

EL CASO DE LA FUERZA EXPLOSIVA

En este caso la sesión debe obligatoriamente ser mixta. Tomamos los movimientos de la sesión de fuerza máxima efectuándolos en el método búlgaro (y también búlgaro acentuado) es decir, alternando ejercicios pesados y ejercicios dinámicos la mayoría del tiempo pliométricos. La sesión se vuelve más específica, porque integra ejercicios donde la expresión de la fuerza corresponde a la fuerza necesaria en competición (fig. 245).

EL CASO DE LA FUERZA REPETITIVA

Como ya hemos dicho, este término no nos satisface plenamente, pues se corre el riesgo de conducir a errores. En efecto, en ciertas disciplinas se trata de repetir una fuerza intensa durante una duración más o menos larga.

La noción de "duración de la expresión de la fuerza" corresponde en primer lugar y pensamos que la fuerza máxima ya no

tiene interés, lo que es falso. Cuanto más elevada sea la fuerza máxima, más fácil será mantener un alto nivel de fuerza. La noción de fuerza repetitiva corre el riesgo de insistir en la cantidad, mientras que tiene que ver con la calidad. Pero el peligro más importante reside en basarse únicamente en la duración de la prueba. Ejemplo: la prueba dura 1 min, elegimos un movimiento de fuerza (el press-banca por ejemplo) y lo repetimos durante 1 minuto. Es este tipo de razonamiento el que combatimos. En efecto, ¿qué puede aportar este tipo de ejercicio? Ciertamente no la fuerza, pues no respetamos las reglas de su desarrollo. No mejora tampoco el gesto técnico, ya que no lo utilizamos. La apoteosis de estas caricaturas consiste en introducir la noción de "resistencia de fuerza", como si existiese una resistencia que se pudiera expresar sin la fuerza. Todas las disciplinas de resistencia son disciplinas de "resistencia de fuerza". Según nuestros conocimientos para conciliar resistencia y fuerza hay que pasar por el trabajo intermitente (como lo ha mostrado Gacon en "la carrera de resistencia").

Esto nos hace entender el peligro del término repetitivo. Ahora vamos a ver las soluciones propuestas. Hay efectivamente que respetar el tiempo de expresión de la fuerza en competición. Es el caso de la natación, el remo y la escalada, por ejemplo. Si el esfuerzo dura en torno a 1 minuto (cifra tomada al azar, la solución consiste en hacer un encadenamiento de ejercicios) de fuerza intensa y de recorridos específicos. Creemos que la solución se sitúa en esta dirección.

Hay que encadenar:

- 3 a 6 RM de un movimiento de musculación –el gesto de competición y después 3 a 6 RM del mismo movimiento–, el gesto de competición, etc.

Esto hasta sobrepasar ligeramente la duración de la competición.

Así pues, las reglas para construir una sesión de fuerza específica son las siguientes:

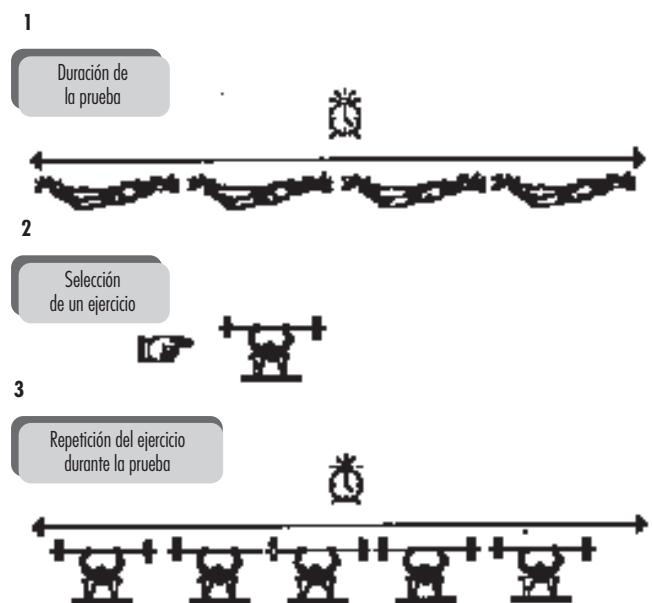


Figura 246. Las etapas de razonamiento erróneo para construir una sesión de fuerza específica.

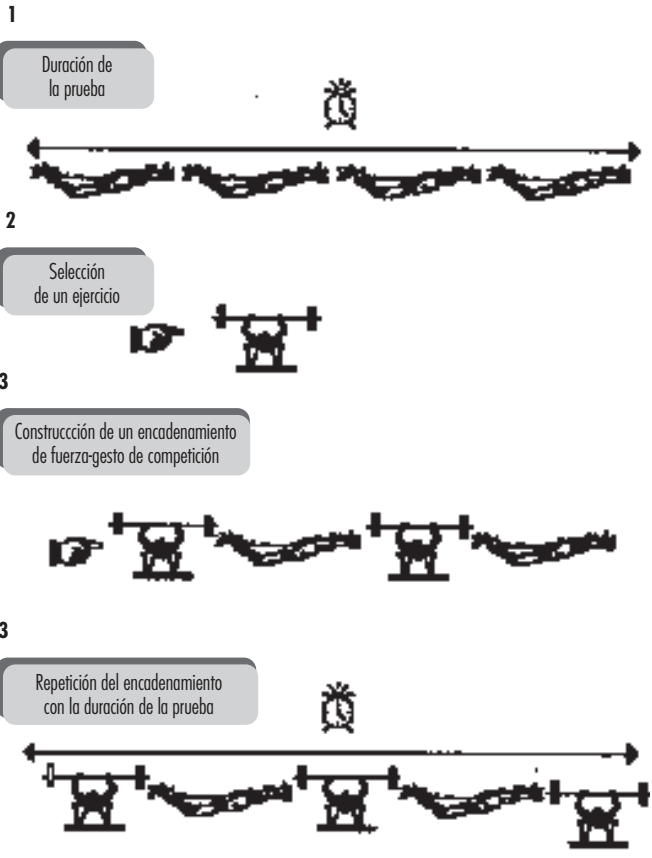


Figura 247. Etapa de un razonamiento que nos parece interesante para construir las secuencias de fuerza específica.

- Determinar la duración de la prueba de competición.
- Fraccionar esta prueba.
- Elegir los movimientos generales interesantes para la disciplina.
- Construir un encadenamiento compuesto de alternancias de trabajo de fuerza (10 RM máximo) y de gesto específico.
- Repetir de 3 a 6 veces este encadenamiento.

El encadenamiento muscular y el gesto de competición conllevan a menudo problemas materiales. Es necesario que las barras de musculación estén dentro del gimnasio (o la piscina). Es una condición esencial para que la musculación sea bien aceptada en los deportes donde todavía no está admitida del todo.

Proponemos entonces una sesión específica destinada a la natación (fig. 248).

Para mostrar que se trata de un principio que es generalizable a numerosas disciplinas, mostramos algunos ejemplos en la figura 249.

EL CICLO

Vamos a ver la unidad de la semana antes de abordar el ciclo.

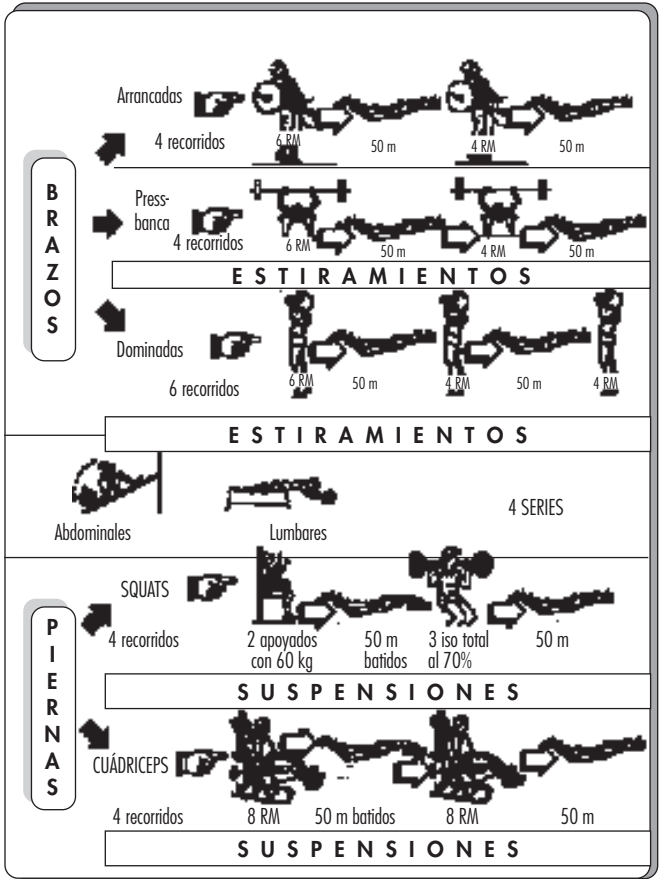


Figura 248. Sesión de fuerza específica en natación para un nadador de 100 m.

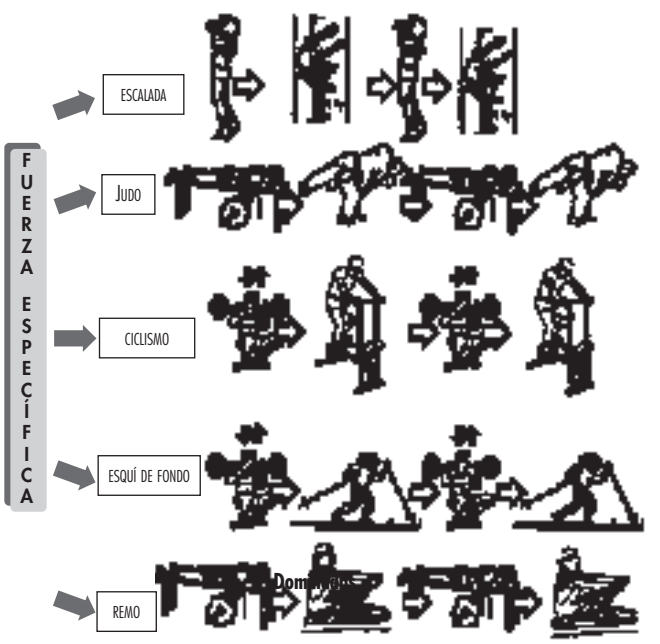


Figura 249. Ejemplos de encadenamientos utilizados a lo largo de sesiones de "fuerza específica".

LA SEMANA

Consiste en ordenar las distintas sesiones. El número mínimo de sesiones de fuerza es 2 (una de fuerza máxima, una de fuerza específica). El número ideal es 3 sesiones por semana (para cada grupo muscular):

- La sesión de fuerza máxima debe siempre situarse al principio de la semana.
- Hay que dejar 1 día entre 2 sesiones que impliquen la misma parte del cuerpo.
- En el día siguiente de una sesión de musculación hay que efectuar una sesión de dominio técnico.

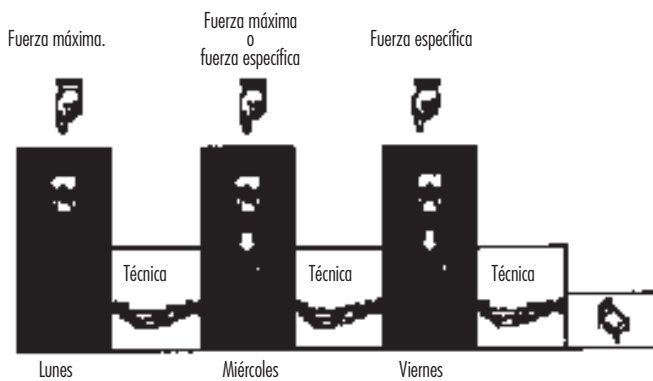


Figura 250. Ejemplo de semana orientada hacia el desarrollo de la fuerza.

Para las disciplinas que deben reforzar el tren superior y el inferior, la solución más eficaz para los atletas de alto nivel es efectuar una sesión de musculación por día. Pero alternamos los grupos musculares: un día el tren superior y otro el inferior.

Cuando trabajamos el tren superior en musculación, efectuamos ejercicios dinámicos menos intensos que para el inferior (saltos por ejemplo). Cuando la musculación está en las piernas, los brazos están solicitados de forma "técnica" (ejemplo para el lanzador de peso, fig. 251).

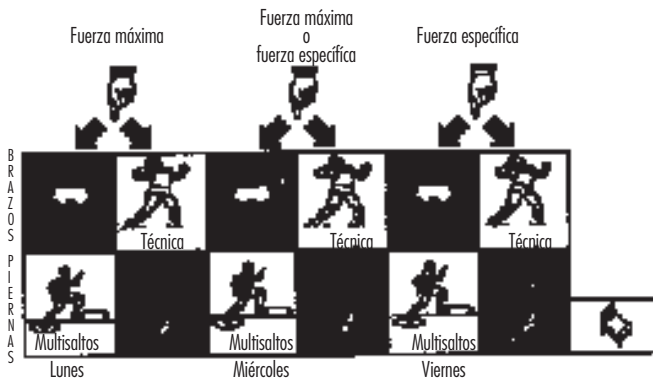


Figura 251. Ejemplo de semana con musculación todos los días (lanzador de peso).

EL CICLO

Con Peter Tschiene (1977) distinguimos 2 tipos de ciclos (fig. 252).

- Un ciclo de 4 semanas.
- Un ciclo de 3 semanas.

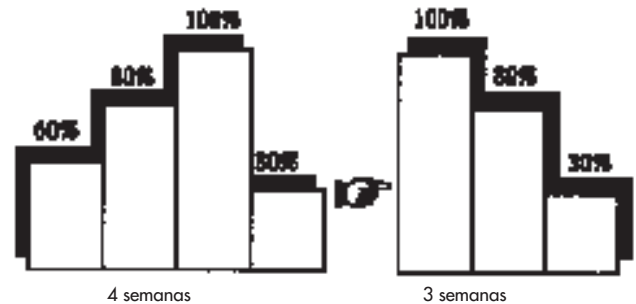


Figura 252. Los dos tipos de ciclos.

En el cuadro del desarrollo de fuerza se prefiere hoy la solución de 3 semanas. Los porcentajes representan la cantidad de trabajo: al 100% el atleta efectúa el máximo de trabajo en musculación que le permite su empleo del tiempo.

En la segunda semana:

- Si se entrena 5 veces en musculación, quita una sesión.
- Si se entrena dos veces, se contenta con disminuir el número de series por sesión (pasa de 10 a 8 series por ejemplo).

La tercera semana corresponde a una semana de tests, en los movimientos generales principalmente. Podemos en este caso añadir 2 a 4 series de 3 RM por movimiento. Una sola sesión a la semana puede bastar.

Este tipo de observaciones se aplica evidentemente a los ciclos orientados hacia el desarrollo de la fuerza (fig. 253). En el caso de un período de orientación "técnica" se distingue claramente menos el trabajo de musculación. Podemos poner como ejemplo la figura 254.

EL BLOQUE

Debemos esta noción a Vercoshanski (1985). Según este autor, para desarrollar una cualidad hay que darle la prioridad durante un período bastante largo. Esta duración es superior a un ciclo. Vercoshanski crea entonces la noción de bloque: un bloque está compuesto por ciclos.

El bloque corresponde generalmente a 2 ciclos (fig. 256). Sin embargo, para atletas poco entrenados, puede comprender 3 ciclos (fig. 257).

Los dos tipos de bloques de la figura 257 son muy interesantes para las disciplinas que invierten mucho en la fuerza. Es la

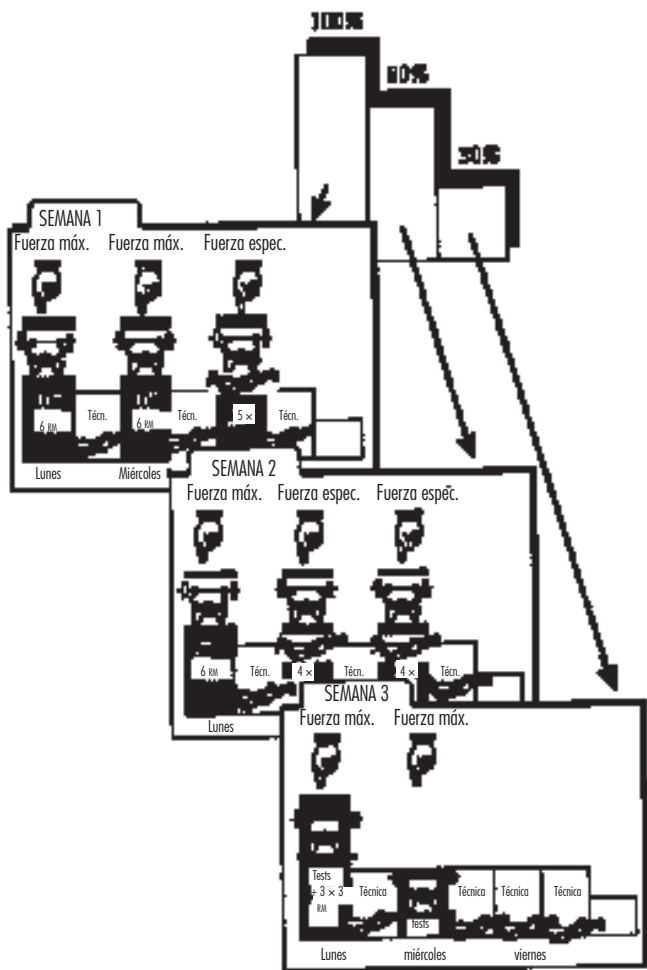


Figura 253. Ejemplo de ciclo detallado.

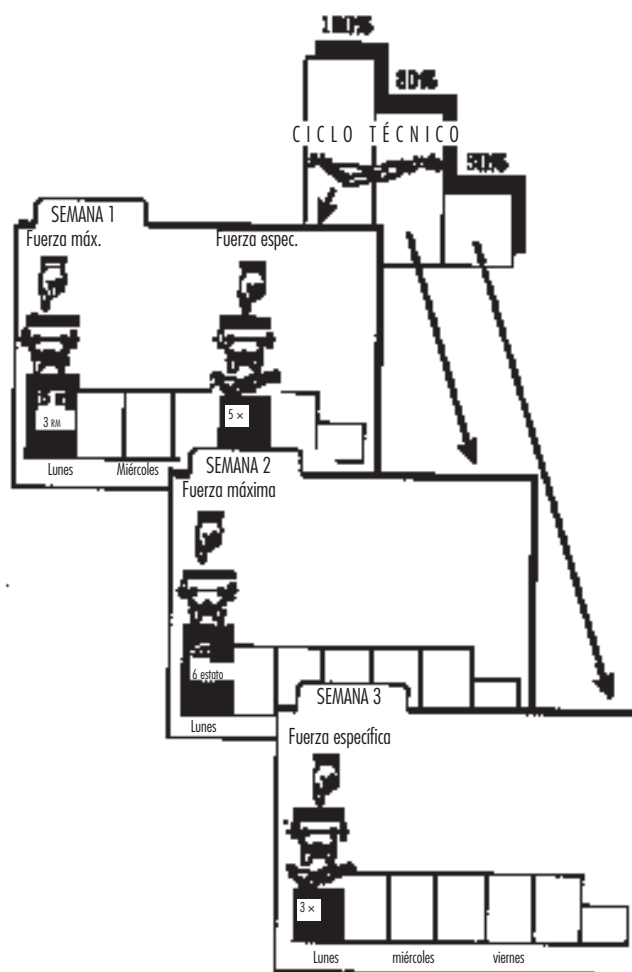


Figura 254. Ejemplo de ciclo en período técnico.



Figura 255. El profesor Verchoshanski (en Moscú, febrero 1986).

única forma de progresar eficazmente. Esta solución supone una planificación a largo plazo y provoca una profunda desadaptación técnica que proviene del bloque. Comprendemos que esta alternativa plantea problemas a un cierto número de disciplinas

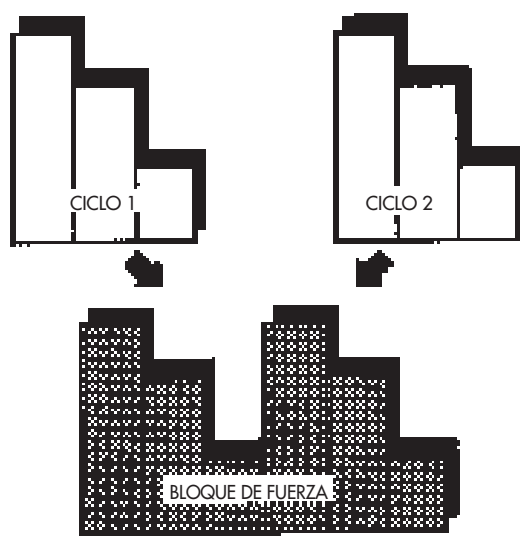


Figura 256. La noción de bloque.

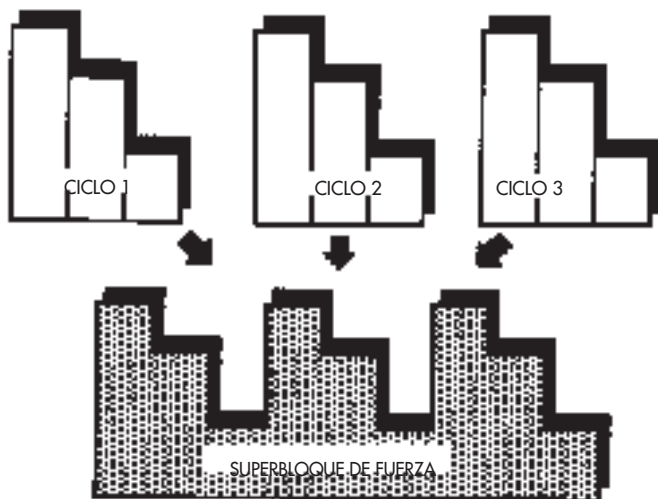


Figura 257. El bloque en tres ciclos.

que no pueden permitirse tal desestabilización. En este caso el bloque podrá resumirse en un ciclo. Las modificaciones de la forma del atleta serán menores (las progresiones a largo plazo también). La planificación podrá entonces parecerse a la forma presentada en la figura 258.



Figura 258. Planificación con el bloque igual a 1 ciclo.

EL PERÍODO

Como acabamos de decir, poner el acento durante 6 a 9 semanas sobre la fuerza provoca alteraciones en el plano técnico. Por esta razón apareció la noción de período, que descansa sobre un principio simple: para encontrar de nuevo las sensaciones técnicas hay una duración equivalente a la que ha permitido desestabilizarlas. El período agrupa, pues, dos bloques:

- Un bloque con dominio de la "fuerza".
- Un bloque con dominio de la "técnica".

Llegamos a una unidad de 12 semanas que representa la duración mínima para una buena planificación. Esta duración, si quitamos las competiciones, puede reproducirse dos veces al año. Hablamos entonces, con Verconshanski, de doble periodización, al contrario que Matveiev, quien proponía una periodización única. Las 12 semanas de un período constituyen el cuerpo mismo del trabajo. El atleta alcanza la forma trabajando uno de estos 2 bloques.

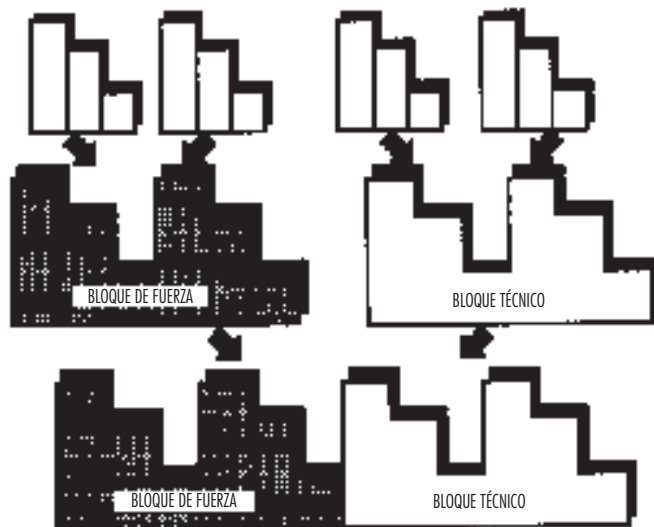


Figura 259. La noción de período.

EL AÑO

Lo constituyen los dos períodos y los objetivos. En efecto, el objetivo no es único al final del período. A menudo se presentan otras exigencias que hay que administrar poco a poco. Situamos los objetivos y después organizamos el tiempo que nos separa. Eso depende de las disciplinas.

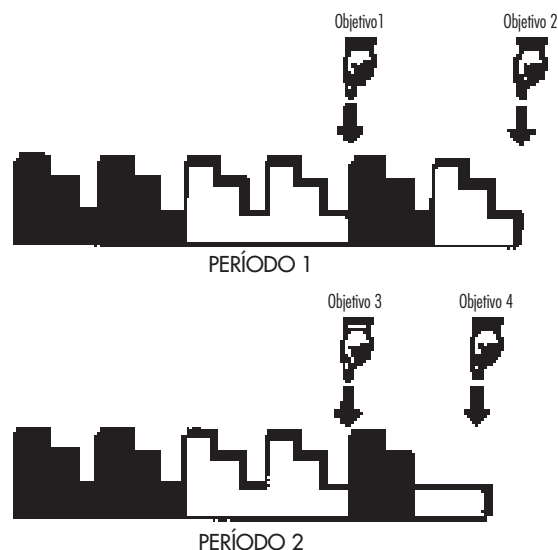


Figura 260. Visión esquemática del año.

LA PLANIFICACIÓN DE LAS MODALIDADES DE CONTRACCIÓN

Es posible planificar el año únicamente sobre el modo concéntrico. Está claro que primero hay que dominar lo más simple

antes de pasar a lo más complejo. La planificación gana en precisión y en eficacia apoyándose sobre los diferentes tipos de contracción.

Los principios simples de la planificación

Se conocen desde hace mucho tiempo. Retendremos los dos principales:

- El principio del reparto del volumen y la intensidad.
- El principio de la programación de las cargas.

LA EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN Y DE LA INTENSIDAD DEL TRABAJO

En la planificación única de Matveiev y en el buen sentido de todos los entrenadores la lógica del volumen del trabajo de musculación es la que se representa en la figura 261. La intensidad del trabajo va en aumento.

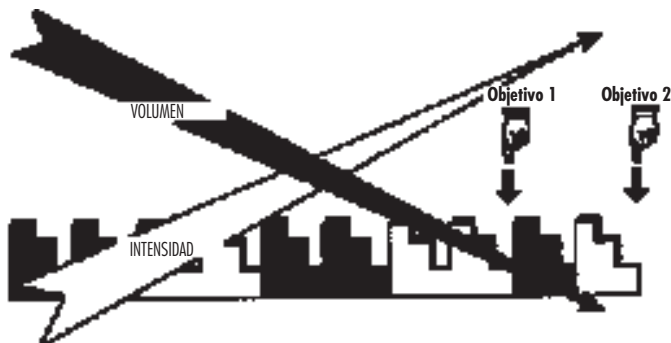


Figura 261. Volumen e intensidad en la planificación en período único.

Hoy preferimos la evolución en doble periodización (fig. 262).

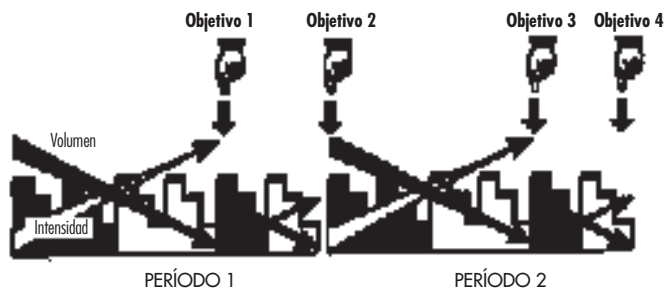


Figura 262. La concepción actual de la evolución del volumen y de la intensidad de la carga.

Comprobamos que es una planificación menos monótona destinada a sorprender el organismo del atleta.

LA PROGRAMACIÓN DE LAS CARGAS

Éste es el principio que más ha evolucionado.

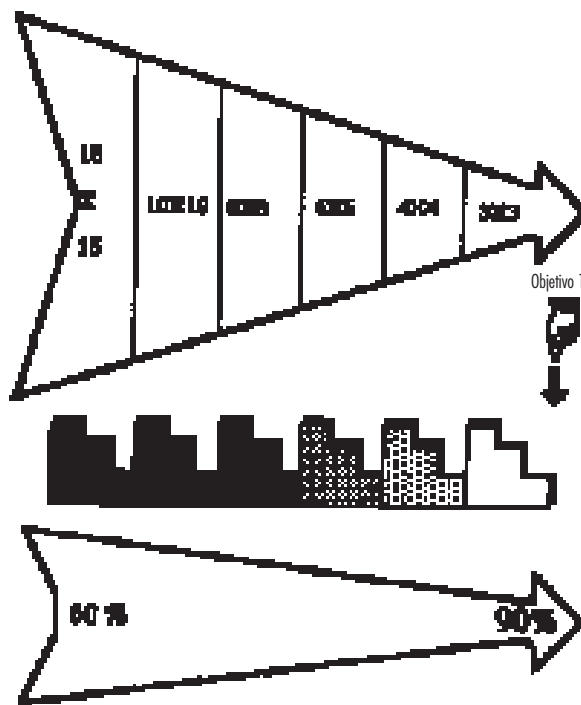


Figura 263. El principio clásico de la programación de las cargas.

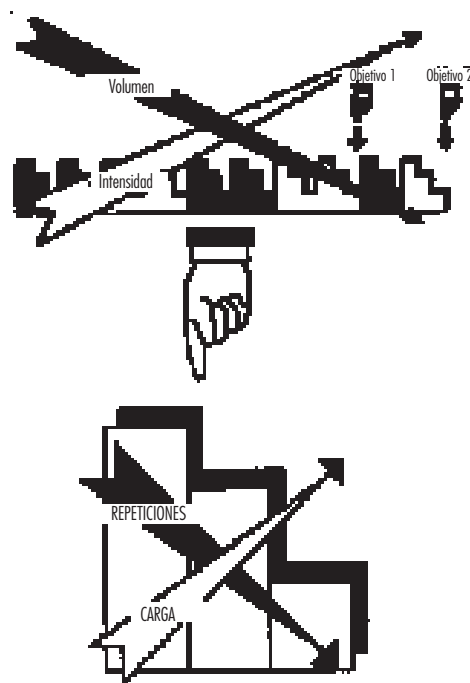


Figura 264. La lógica de la programación de las cargas ha pasado del año al ciclo.

En la figura 263 se muestra el razonamiento clásico: guardamos las cargas pesadas para el final. En la óptica del desarrollo de la fuerza esta lógica es falsa. Hay que practicar con cargas pesadas todo el año. La lógica de la programación de las cargas no debe ser anual (fig. 264). Concretamente la primera semana solamente puede agrupar algunos esfuerzos máximos, en la segunda semana se aumentan esos esfuerzos (2 veces a la semana), y la tercera semana, que es una semana de "tests", sólo agrupará esfuerzos máximos.

Los diferentes tipos de contracción

Es interesante cambiar el dominio (a nivel de tipos de contracciones) en cada ciclo. Damos globalmente el encadenamiento que más lógico nos ha parecido después de numerosas tenta-

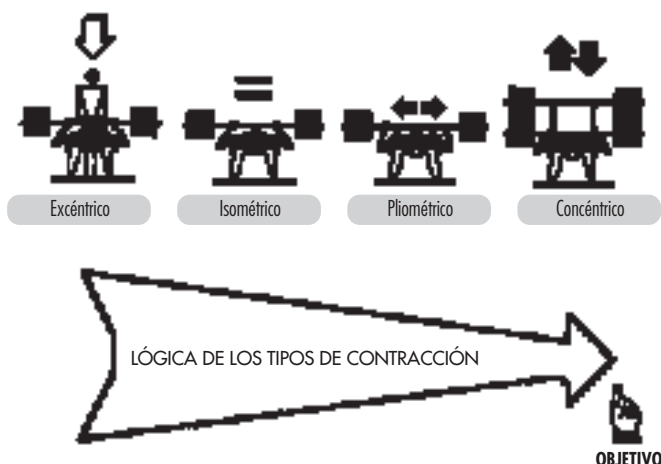


Figura 265. Encadenamiento de los tipos de contracción.

Influencia sobre la forma del atleta

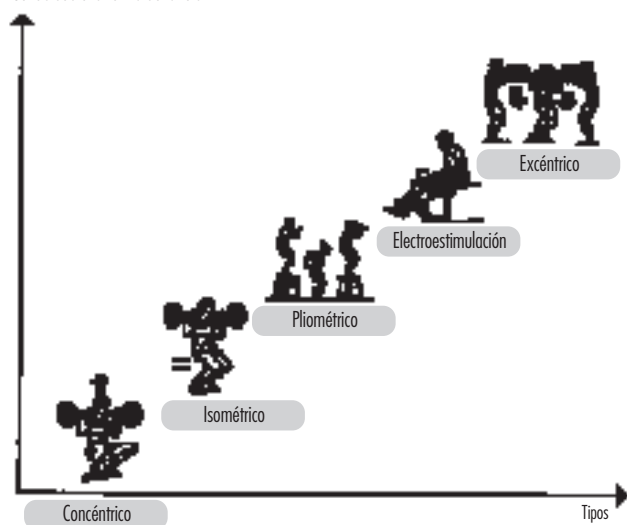


Figura 266. Eficacia de los diferentes tipos sobre la planificación.

tivas sobre el terreno (fig. 265). Evidentemente, no es necesario introducir todos los tipos. Para un atleta habituado al tipo concéntrico puede, por ejemplo, bastar con introducir un ciclo excéntrico. Para un atleta que practica una disciplina explosiva, se programará un ciclo de pliometría. Lo que es importante, en cambio, es respetar el plazo de cada ciclo en el año. Proponemos un orden de eficacia de los tipos para recordar la planificación (es en este orden en el que hay que introducirlos en un atleta habituado al trabajo concéntrico para afinar de año en año su planificación) (fig. 266).

Mostramos en la figura 267 la programación que nos parece más precisa.

En efecto, para evitar las confusiones es preciso que para una disciplina "pliométrica", los regimenes concéntrico y pliométrico no se abandonen nunca. El tipo concéntrico sirve prácticamente de contrapunto a todos los otros tipos y la pliometría permite salvar las cualidades "elásticas" (fig. 268).

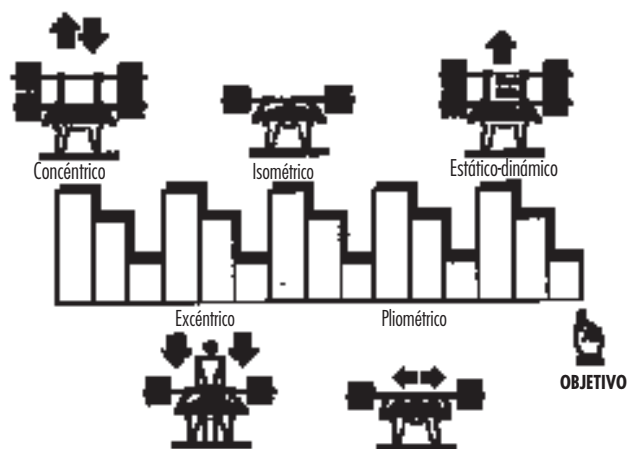


Figura 267. La planificación ideal de los tipos de contracción.

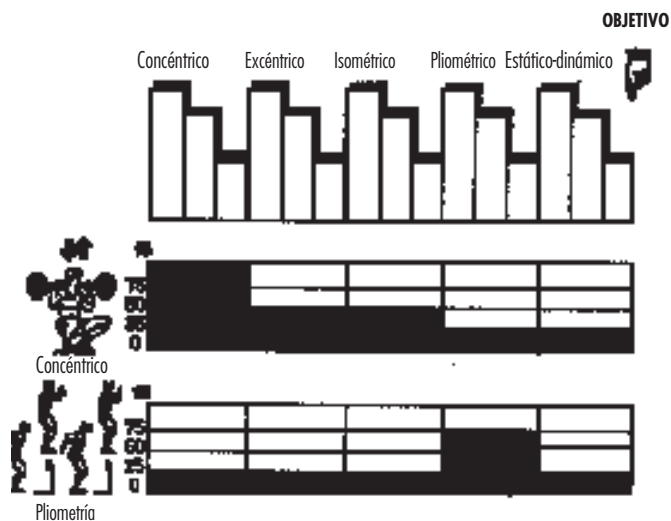


Figura 268. El concéntrico y la pliometría a lo largo del año.

En la figura 268 se observa que la pliometría no forma parte obligatoriamente de sesiones de musculación (puede encontrarse en las sesiones técnicas o en sesiones de carrera o de saltos). Esto explica que superemos a veces el 100%.

Síntesis de todos los métodos

LOS EFECTOS ACUMULADOS

Los encadenamientos precedentes se basan en la acumulación de los efectos retardados de los diferentes métodos (fig. 269).

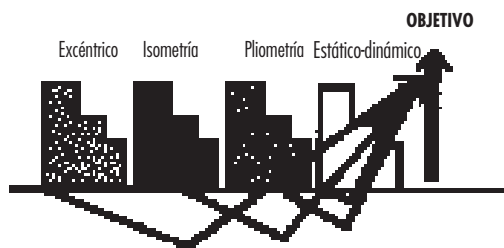


Figura 269. Efectos acumulados de los efectos retardados de los diferentes tipos.

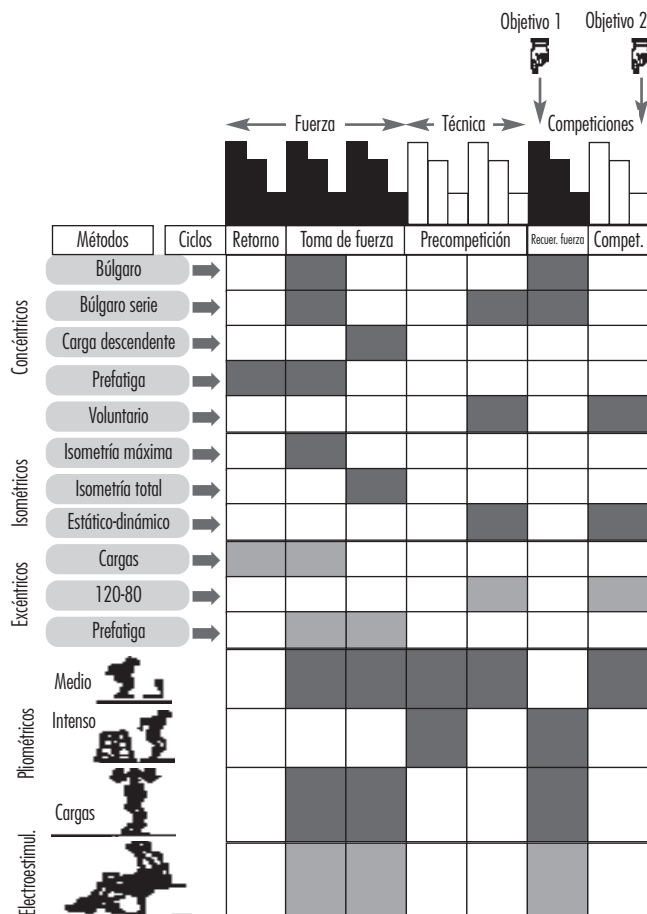


Figura 270. Síntesis de los métodos durante el año.

INVENTARIO DE LOS MÉTODOS EN FUNCIÓN DE LOS CICLOS

Si retomamos todos los datos de los capítulos anteriores, podemos planificar el año escogiendo entre diversas ofertas (fig. 270).

Los períodos de competición

Como hemos dicho, se generan en función de los objetivos. Proponemos una serie de ejemplos. El imperativo es temporal: ¿se combina el tiempo disponible del atleta entre 2 objetivos? Aquí dejamos implícitamente desarrollado el caso de las 6 semanas (fig. 270, que es el ejemplo tipo que tomamos a lo largo de todo el libro). Proponemos siempre partir el tiempo en 2 para programar un ciclo de fuerza y un ciclo de técnica.

Semanas	Número sesiones	Número total de series	Métodos utilizables
1	2	8	Búlgaro: clásico o acentuado
4, 8, 12, 17	2	8	Pletnev, pliometría intensa, búlgaro acentuado
10, 13, 19	2	6 a 8	Búlgaro: clásico o acentuado, pliometría intensa
2, 5, 6, 9, 14, 15, 18, 20	1 o 2	4 a 6	Estático-dinámico, 120-80, voluntario, pliometría media
3, 7, 11, 16, 21	1	4	Estático-dinámico, voluntario

Tabla de los métodos usados durante los ciclos de competición descritos en la figura 271 (las cifras corresponden al número de las semanas en la figura 271).

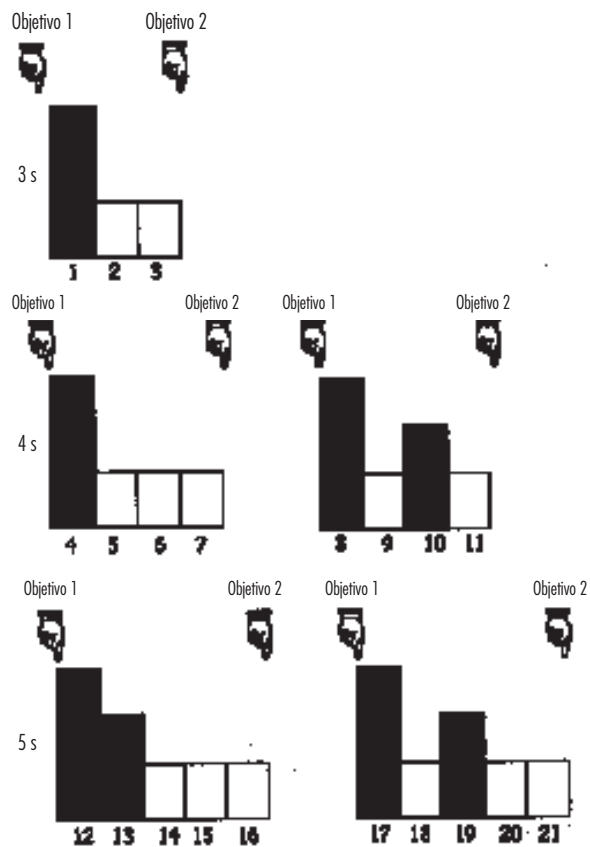




Figura 271. Ejemplo de períodos interobjetivos en 3, 4 o 5 semanas.



BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA PLANIFICACIÓN



- COMETTI, G. (1988): La pliométrie, compte-rendu du colloque de février 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, ed: université de Bourgogne.
- KUZNETSOV, V.V. (1980): Musculation à l'usage des sportifs de haute qualification. Moscou, ed Fyzkouloura y sport.
- TSCIENE, P. (1977): Corso di aggiornamento sui lanci (Tirrenia, ottobre 1977), Ed: Gaetano dalla Pria.
-  TSCIENE, P. (1986): Modifications dans la structure du cycle annuel d'entrainement. En trad. Insep n.° 547 (ed. by Insep).

- VERCOSHANSKI, J.V. (1982): Le basi d'ell'allenamento della forza speciale nello sport, *Moscou*.
- VERCOSHANSKI, J.V. (1985): Modèle d'organisation de la charge d'entrainement au cours dy cycle annuel, En traduction Insep n.° 472 (edited by Insep).
-  VERCOSHANSKI, J.V. (1987): La programmazione e l'organizzazione del processo di allenamento. Società stampa sportiva, Roma.

INTRODUCCIÓN

Para concretar nuestra propuesta presentamos algunos ejemplos de programaciones aplicadas a diferentes disciplinas. Empezaremos por desarrollar la musculación de los músculos abdominales que representan un caso particular, después trataremos sucesivamente:

- Atletismo: lanzamientos, esprint.
- Escalada.
- Judo.
- Natación.
- Fútbol.
- Voleibol.

MUSCULACIÓN DE LOS MÚSCULOS ABDOMINALES

PRINCIPIOS BÁSICOS

El trabajo de los abdominales obedece a dos reglas precisas, conocidas en general desde hace tiempo; nosotros nos contentaremos con recordarlas.

- Deben ser trabajados en posición flexionada. Se evitan ciertas zonas (figura 272).



Figura 272. Zonas de trabajo que se deben evitar en el trabajo de los abdominales.

Como se ve, la consigna "piernas flexionadas" es eficaz para evitar cometer errores.

- El músculo psoas-iliaco es a menudo el músculo motor de los ejercicios abdominales. En los ejercicios según el eje, los abdominales son motores (es decir, se acortan para efectuar el movimiento) en angulaciones bien precisas (figura 273). Es no obstante en las zonas de trabajo en las que los abdominales son motores donde haremos trabajar a los atletas. Son amplitudes pequeñas y muy localizadas.
- Según las precedentes precauciones, es difícil exigir a los abdominales tensiones máximas. Las repeticiones por series son, por este hecho, más numerosas que en los ejercicios clásicos.



Figura 273. Zonas donde los abdominales son motores.

- El principio de la pre-fatiga será muy útil en este género de situaciones.
- Los abdominales serán solicitados bien de forma activa (siendo entonces motores del movimiento), bien de forma estática (trabajando de forma isométrica) (figura 274). Aconsejamos realizar durante la semana una sesión con dominante dinámica y una sesión con dominante estática.

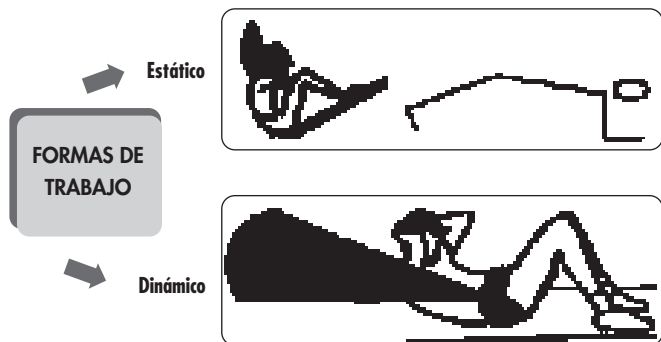


Figura 274. Las dos formas de trabajo.

- Según lo precedente los ejercicios abdominales se efectuarán hasta la fatiga.

La figura 275 muestra la lógica de los ejercicios abdominales. Se puede distinguir tres formas de ejercicios:

- Ejercicios en el eje.
- Ejercicios en rotación.
- Ejercicios laterales.

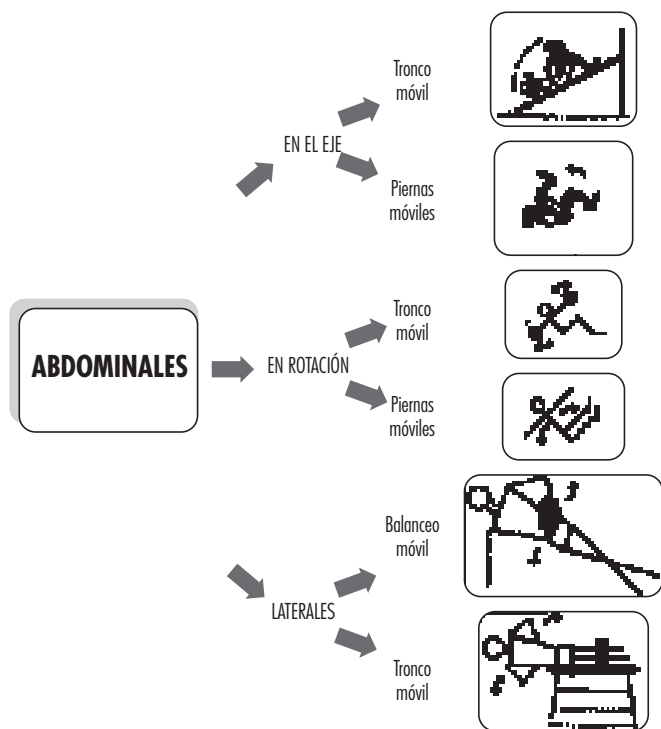


Figura 275. La lógica de los ejercicios abdominales.

ABDOMINALES Y TIPOS DE CONTRACCIÓN

No nos parece interesante realizar los ejercicios abdominales con todos los tipos de contracción. La pliometría y el trabajo excéntrico no se aconsejan. Nos parece preferible solicitar los músculos abdominales en estos tipos en el curso de ejercicios más complejos y más próximos a la técnica. Los pull-overs nos parecen el ejemplo tipo. Los abdominales son solicitados aquí de forma importante. Cuando el atleta realiza los pull-overs excéntricos sus abdominales participan de la misma manera. En los ejercicios con balón medicinal, habrá un requerimiento pliométrico de los abdominales. En resumen, los ejercicios abdominales simples se realizarán en isometría, en concéntrico o en electroestimulación; los demás tipos se reservarán a movimientos más complejos (figura 276).

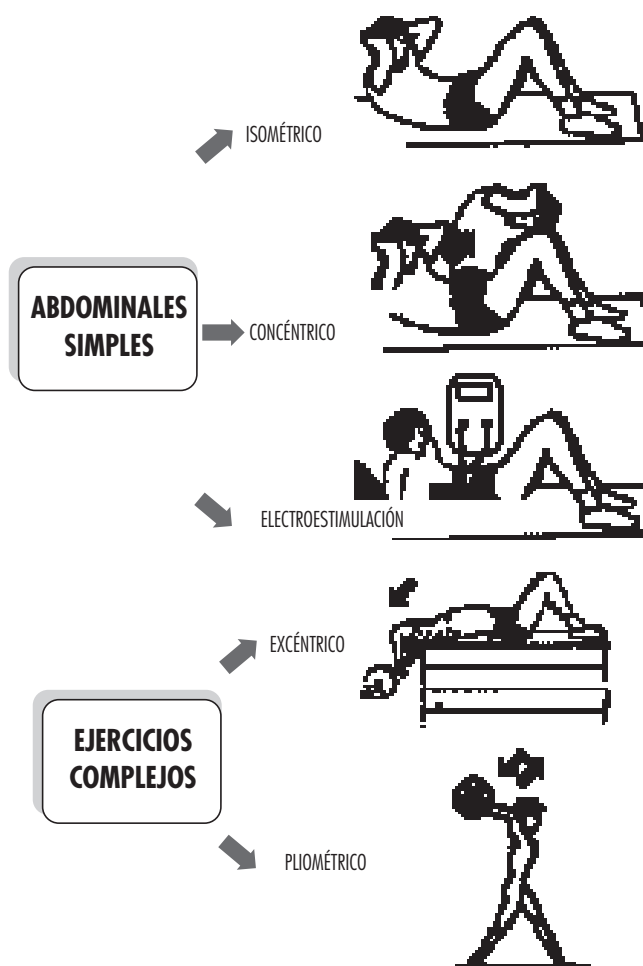


Figura 276. Los abdominales y los diferentes tipos de contracción.

PROPUESTA DE SESIÓN

Nosotros proponemos 2 tipos de sesión que no son más que algunos ejemplos entre otros.

Encadenamiento donde los abdominales son motores



Figura 277. Ejemplo de encadenamiento de ejercicios donde los abdominales son motores.

La figura 277 representa un circuito de 3 ejercicios donde los abdominales trabajan de forma activa. Este encadenamiento puede repetirse 3 a 6 veces por sesión con recuperaciones de 4 min. Lo aconsejamos como primera sesión en la semana.

Otros ejercicios

Mostramos en la figura 278 otros dos ejercicios que pueden constituir la segunda sesión:

- Un ejercicio de faja, familiar entre los gimnastas.
- Un ejercicio lateral.

El primero de estos dos ejercicios se realiza en series de 6 a 10 (cada repetición hasta la fatiga) y el segundo, alternando un lado y otro (en la misma serie), con un número de repeticiones que permita llegar hasta la fatiga. En este segundo ejercicio es importante que el atleta llegue a tocar el suelo en posición lateral (riesgo de problemas lumbares).

Se realizarán de 3 a 6 series por ejercicio.

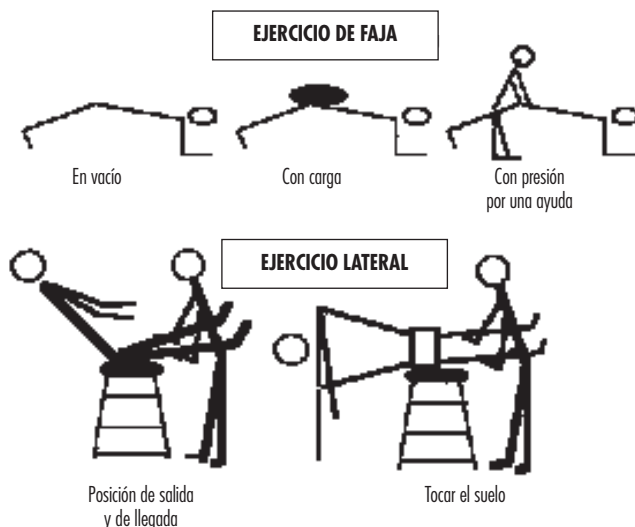


Figura 278. Ejercicio de faja y ejercicio lateral.

EL TRABAJO DE LOS LUMBARES

Es generalmente parejo al trabajo abdominal, por lo que lo tratamos aquí.

Nos conformamos con seleccionar la situación más corriente, que nos parece suficiente. Es necesario ejecutarla antes de trabajo de squat para preparar la espalda (4 a 6 series).

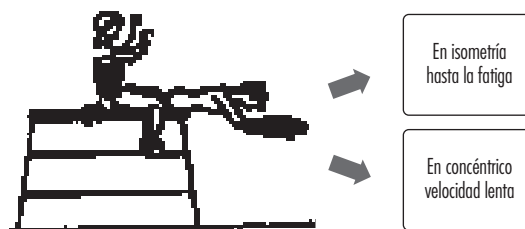


Figura 279. Ejercicio "lumbar".

ATLETISMO

LANZAMIENTO DE JABALINA

Presentamos la planificación de un atleta de alto nivel que entrena 6 días a la semana.



Sesiones

En este nivel se distinguen 3 sesiones para las piernas y 3 para los brazos (figura 280).

Son de dos tipos:

- Fuerza máxima.
- Fuerza específica.

En el ejemplo dado proponemos una sesión de fuerza máxima y 2 sesiones de fuerza específica.

La semana

SEMANA TIPO

Presentamos la semana tipo en bloque de fuerza (figura 282).

EJEMPLOS DE SEMANAS

Presentamos seguidamente para cada ciclo la ilustración de la semana número 1.

El conjunto de las semanas se localiza en el período (figura 281).

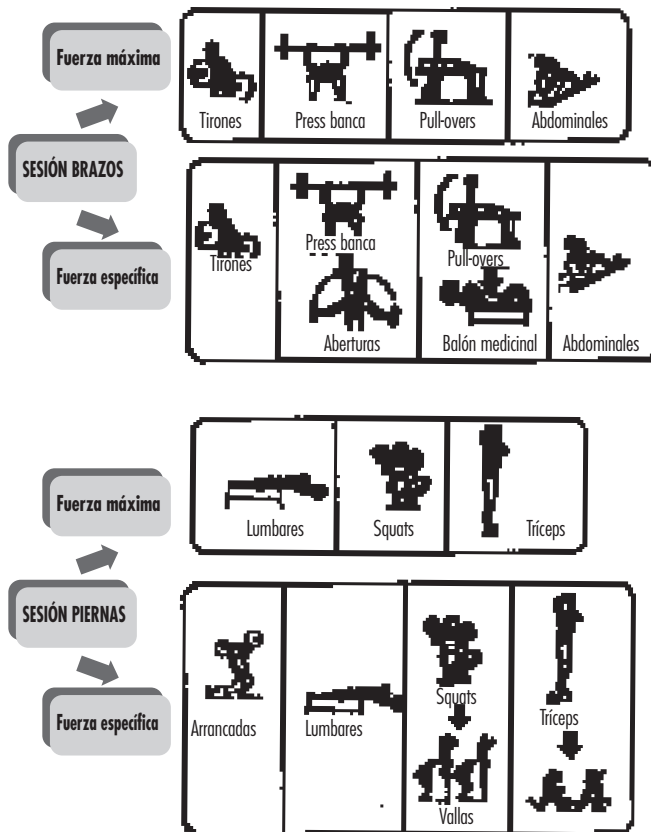


Figura 280. Diferentes tipos de sesiones.

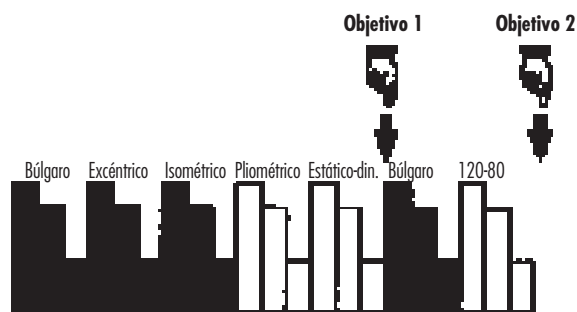


Figura 281. El período de entrenamiento de un lanzador de jabalina.





























Especialidad		SEMANA	CICLO N.º dominante:	AÑO:	Lugar de la semana	
						
l u n e s	B R A Z O S	 Tirones	 Press-banca	 Pull-overs	 Abdominales	
m a r t e s	P I E R N A S	 Lumbares	 Squats	 Tríceps		
m i é r c o l e s	B R A Z O S	 Tirones	 Press-banca	 Aberturas	 Pull-overs	 B. medicinal Abdominales
j u e v e s	P I E R N A S	 Arrancadas	 Lumbares	 Squats	 Vallas	 Tríceps
v i e r n e s	B R A Z O S	 Tirones	 Press-banca	 Aberturas	 Pull-overs	 B. medicinal Abdominales
s á b a d o	P I E R N A S	 Arrancadas	 Lumbares	 Squats	 Vallas	

Figura 282. Semana de musculación de un lanzador de jabalina.
































Especialidad		SEMANA	CICLO N.º 1 dominante: búlgaro	AÑO:	Lugar de la semana		
l u n e s	B R A Z O S	Tirones  4 1 x 6 al 70% 1 x 6 al 50%		Press-banca  8 x 1 x 6 al 70% 1 x 6 al 50%	Pulls-over  8 x 1 x 6 al 70% 1 x 6 al 50%	Abdominales 4 recorridos 	
		Lumbares  5 series isométricas		Squats  8 x 1 x 6 al 70% 1 x 6 al 50%	Triceps  4 x 1 x 6 al 70% 1 x 6 al 50%		
m a r t e s	P I E R N A S	Tirones  2 x 2 x 6 al 70% 2 x 6 al 40%		Press-banca  6 x 6 press al 70% + 6 aberturas 8 aberturas + 6 press al 40%	Aberturas  6 x 6 pulls al 70% + 10 bal. med. 3 Kg 6 x 6 pulls al 40% + 15 bal. med. 2 Kg	Pulls-over  Balón medicinal 4 series abdominales en rotación 	
		Arrancadas  3 x 3 al 70% 3 x 6 al 40%		Lumbares  5 series concéntricas	Squats  6 x 6 al 70%	Vallas  10 vallas	Triceps  Skippings 6 x 6 al 70% 12 skippings 
v i e r n e s	B R A Z O S	Tirones  4 x 3 al 70% + 3 al 50%		Press-banca  8 x 3 press al 70% + 3 al 50% + 6 aberturas	Aberturas  8 x 3 pulls al 70% + 3 al 50% + 15 bal. medic. de 3 Kg	Pulls-over  Balón medicinal 4 series faja y laterales 	
		Arrancadas  4 x 3 al 80% + 4 x 3 al 50% rápido		Lumbares  5 series de 4 isométricos + 6 concéntricos	Squats  6 x 4 squats al 80% + 8 vallas	Vallas 	
s á b a d o	P I E R N A S	Arrancadas  4 x 3 al 80% + 4 x 3 al 50% rápido		Lumbares  5 series de 4 isométricos + 6 concéntricos	Squats  6 x 4 squats al 80% + 8 vallas	Vallas 	

Figura 283. Semana "búlgara".

















Especialidad 		SEMANA 1	CICLO N.º 2 dominante: excéntrico	AÑO: Lugar de la semana 	
l u n e s	B R A Z O S	 Tirones 4 × 4 exc. al 90% + 4 con. al 50%	 Press-banca 5 × 4 exc. al 100% + 6 conc. al 50%	 Pulls-over 6 × 4 exc. al 70% + 6 al 50%	 Abdominales 4 recorridos
		m a r t e s	P I E R N A S	 Lumbares 5 series isométricas	 Squats 5 × 4 exc. al 100% + 6 conc. al 50%
m i é r c o l e s	B R A Z O S			 Tirones 2 × 2 × 6 exc. al 90% 2 × 6 con. al 60%	 Press-banca 6 × 6 aberturas exc. + 6 press-banca conc. al 60%
		j u e v e s	P I E R N A S	 Arrancadas 3 × 3 al 80% 3 × 6 al 40% 3 × 3 al 60%	 Lumbares 5 series concéntricas
v i e r n e s	B R A Z O S			 Tirones 4 × 6 exc. al 90% + 3 al 50%	 Press-banca 6 × 6 press exc. al 90% + 8 aberturas conc.
		s á b a d o	P I E R N A S	 Arrancadas 4 × 3 al 80% + 3 al 50% rápido	 Lumbares 5 series de 4 isométricas + 6 concéntricas

Figura 284. Semana "excéntrica".





























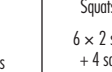





















Especialidad 		SEMANA 1	CICLO N.º 3 dominante: isométrico	AÑO:	Lugar de la semana 
l u n e s	B R A Z O S	Tirones  4 × 1 × 3 iso. al 80% 1 × 3 conc. al 60%	Press-banca  6 × 1 × 3 iso. total al 80% 1 × 6 conc. al 60%	Pulls-over  6 × 1 × 3 iso. tot. al 80% 1 × 6 conc. al 60%	Abdominales  4 recorridos
		Lumbares  5 series isométricas	Squats  6 × 1 × 3 iso. total al 80% 1 × 6 conc. al 60%	Triceps  4 × 1 × 3 iso. tot. al 80% 1 × 6 conc. al 60%	
m a r t e s	P I E R N A S	Tirones  4 × 6 iso. 60% 4 × 6 conc. 60%	Press-banca  6 × 6 aberturas iso. + 6 press-banca conc. al 60%	Aberturas  6 × 6 pulls iso. al 60% + 15 bal. med. 3 Kg	Abdominales  4 series abdominales en rotación
		Arrancadas  4 × 6 tir. iso. al 60% + 3 arranc. al 80%	Lumbares  5 series concéntricas	Squats  6 × 4 iso. al 70% + 10 vallas 6 × 6 conc. al 60%	Vallas  Triceps  6 × 3 al 85% iso. total + 12 skippings
m i é r c o l e s	B R A Z O S	Tirones  4 × 4 iso. 70% + 3 al 50%	Press-banca  6 × 6 press-banca iso. al 80% + 8 aberturas con.	Pulls-over  6 × 6 pulls iso. al 60% + 10 bal. medic. de 3 kg + 6 pulls conc.	Abdominales  4 series faja y laterales
		Arrancadas  4 × 3 tirones iso. tot. al 80% + 3 arrancadas al 80%	Lumbares  5 series de 4 isométricos + 6 concéntricos	Squats  6 × 2 squats iso. al 80% + 6 vallas + 4 squats exc. al 60% + 6 vallas	Vallas 
j u e v e s	P I E R N A S	Tirones  4 × 4 iso. 70% + 3 al 50%	Press-banca  6 × 6 press-banca iso. al 80% + 8 aberturas con.	Pulls-over  6 × 6 pulls iso. al 60% + 10 bal. medic. de 3 kg + 6 pulls conc.	Abdominales  4 series faja y laterales
		Arrancadas  4 × 3 tirones iso. tot. al 80% + 3 arrancadas al 80%	Lumbares  5 series de 4 isométricos + 6 concéntricos	Squats  6 × 2 squats iso. al 80% + 6 vallas + 4 squats exc. al 60% + 6 vallas	Vallas 
v i e r n e s	B R A Z O S	Tirones  4 × 4 iso. 70% + 3 al 50%	Press-banca  6 × 6 press-banca iso. al 80% + 8 aberturas con.	Pulls-over  6 × 6 pulls iso. al 60% + 10 bal. medic. de 3 kg + 6 pulls conc.	Abdominales  4 series faja y laterales
		Arrancadas  4 × 3 tirones iso. tot. al 80% + 3 arrancadas al 80%	Lumbares  5 series de 4 isométricos + 6 concéntricos	Squats  6 × 2 squats iso. al 80% + 6 vallas + 4 squats exc. al 60% + 6 vallas	Vallas 
s á b a d o	P I E R N A S	Tirones  4 × 4 iso. 70% + 3 al 50%	Press-banca  6 × 6 press-banca iso. al 80% + 8 aberturas con.	Pulls-over  6 × 6 pulls iso. al 60% + 10 bal. medic. de 3 kg + 6 pulls conc.	Abdominales  4 series faja y laterales
		Arrancadas  4 × 3 tirones iso. tot. al 80% + 3 arrancadas al 80%	Lumbares  5 series de 4 isométricos + 6 concéntricos	Squats  6 × 2 squats iso. al 80% + 6 vallas + 4 squats exc. al 60% + 6 vallas	Vallas 

Figura 285. Semana "isométrica".





















Especialidad 		SEMANA 1	CICLO N.º 4 dominante: pliométrico	AÑO:	Lugar de la semana 
l u n e s	B R A Z O S	Tirones  4 × 4 plio. al 80% 4 × 6 con. al 60%	Press-banca  4 × 6 plio. al 60% 4 × 3 conc. al 60%	Pulls-over  6 × 6 plio. al 60% 6 × 6 conc. al 40%	Abdominales 4 recorridos 
		m a r t e s	P I E R N A S Lumbares 5 series isométricas 	Squats  4 × 3 squats al 85%	10 saltos plinto 80 cm 
m i é r c o l e s	B R A Z O S	Tirones  4 × 6 plio. al 60%	Press-banca  6 × 6 press plio. al 60% + 6 aberturas con.	Aberturas  Pulls-over  6 × 6 pulls plio. al 50% + 10 bal. med. 3 kg + 10 bal. med. 2 kg	Balón medicinal  Abdominales 4 series abdominales en rotación 
i u e v e s	P I E R N A S	Arrancadas  4 × 6 tir. plio. al 60% + 3 arranc. al 80%	Lumbares  5 series concéntricas	Squats  6 × 1/2 squat plio. al 100% + 6 vallas	Vallas  Triceps  Skippings 6 × 3 al 85% plio. + 12 skippings
v i e r n e s	B R A Z O S				
s á b a d o	P I E R N A S				

Figura 286. Semana “pliométrica”.

Especialidad		SEMANA	CICLO N.º 5 dominante: estático-dinámico	AÑO:	Lugar de la semana
		1			
l u n e s	B R A Z O S	Tirones 4 × 6 al 70% estato-dinam.	Press-banca 6 × 6 estato al 60%	Pulls-over 6 × 6 estato al 50%	Abdominales 4 recorridos
		Lumbares 5 series isométricas		Squats 6 × 6 al 60% estático-dinámico	Triceps 4 × 6 stato al 70%
m a r t e s	P I E R N A S	Tirones 4 × 6 estato al 60%	Press-banca 4 × 6 estato al 60% + 6 aberturas con.	Aberturas 6 × 6 pulls estato al 50% + 10 bal. med. 3 Kg + 10 bal. med. 2 Kg.	Abdominales 4 series abdominales en rotación
		Arrancadas 4 × 3 al 70%	Lumbares 5 series concéntricas	Squats 4 × 6 squats estato al 60% + 6 vallas	Vallas 4 × 6 al 60% estato. + 12 skippings
m i é r c o l e s	B R A Z O S				
i u e v e s	P I E R N A S				
v i e r n e s	B R A Z O S				
s á b a d o	P I E R N A S				

Figura 287. Semana estática-dinámica”.

Especialidad		SEMANA	CICLO	AÑO:	Lugar de la semana
		1	N.º 6 dominante: búlgaro		
L u n e s	B R A Z O S	 Tirones	 Press-banca	 Pulls-over	 Abdominales
		4 1 x 3 al 80% 1 x 6 al 50%	4 x 1 x 3 al 80% 1 x 6 al 50%	4 x 1 x 3 al 70% 1 x 6 al 40%	4 recorridos
m a r t e s	P I E R N A S	 Lumbares	 Squats	 Triceps	
		5 series isométricas	4 x 1 x 3 al 80% 1 x 6 al 50%	4 x 1 x 3 al 70% 1 x 6 al 50%	
m i é r c o l e s	B R A Z O S	 Tirones	 Press-banca	 Aberturas	 Pulls-over
		4 x 3 al 80% + 3 al 40%	4 x 4 press al 80% + 6 aberturas 8 aberturas + 6 press al 40%	4 x 4 pulls al 70% + 10 bal. med. 3 kg 4 x 5 pulls al 40% + 15 bal. med. 3 kg	Balón medicinal 4 series abdominales en rotación
j u e v e s	P I E R N A S	 Arrancadas	 Lumbares	 Squats	 Vallas
		3 x 3 al 80% 3 x 3 al 50%	5 series concéntricas	4 x 6 al 70% + 10 vallas	Triceps
v i e r n e s	B R A Z O S	 Press-banca	 Aberturas	 Pulls-over	 Balón medicinal
		8 x 2 press al 70% + 2 al 50% + 6 aberturas	8 x 3 pulls al 70% + 3 al 50% + 10 bal. medic. de 2 kg	4 series faja y laterales	
s á b a d o	P I E R N A S	 Arrancadas	 Lumbares	 Squats	 Vallas
		3 x 3 al 80% 3 x 3 al 40% rápido	5 series de 4 isométricos + 6 concéntricos	4 x 4 squats al 80% + 8 vallas	

Figura 288. Semana "búlgara 2".




















Especialidad		SEMANA	CICLO N.º 7 dominante: 120-80	AÑO:	Lugar de la semana			
l u n e s	B R A Z O S	Tirones  3 × 3 al 80% con.	Press-banca  3 × 3 al 110-70% (con pórtilco)	Pulls-over  3 × 100-70% con ayuda	Abdominales 3 recorridos 			
		Lumbares 4 series isométricas 		Squats 3 × 3 al 110-70% (con pórtilco) 	Tríceps 			
m a r t e s	P I E R N A S	Tirones 		Press-banca 	Aberturas  3 × 3 al 110-70% (con pórtilco)	Pulls-over 	Balón medicinal 3 × 3 al 100-70% (con ayuda) + 3 × 10 bal. med. 3 kg.	Abdominales 3 series abdominales en rotación 
m i é r c o l e s	B R A Z O S	Tirones 	Arrancadas 2 × 3 al 80% 2 × 2 al 90% 2 × 1 al 95% 	Lumbares 3 series concéntricas 	Squats 3 × 3 al 110-70% 4 × 6 vallas 	Vallas 	Tríceps 	Skippings 4 × 10 skippings 
v i e r n e s	B R A Z O S							
s á b a d o	P I E R N A S							

Figura 289. Semana "120-80".

Especialidad		SEMANA	CICLO	AÑO:	Lugar de la semana
		3	N.º 7 dominante: 120-80		
l u n e s	B R A Z O S	 Tirones 3 x 4 al 60% estato.	 Press-banca 4 x 4 al 60% en estato	 Pulls-over 4 x 4 al 60% en estato	 Abdominales 2 recorridos
	P I E R N A S	 Lumbares 2 series isométricas	 Squats 4 x 4 al 60% en estato	 Tríceps	
m i é r c o l e s	B R A Z O S	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>En general, el atleta antes de una gran competición se encuentra en desplazamiento y no dispone de un "pórtico" para efectuar el 120-80; por ello en la semana que precede a la competición importante se programa un estático-dinámico.</p> </div>			
i u e v e s	P I E R N A S				
v i e r n e s	B R A Z O S				
s á b a d o	P I E R N A S				

Figura 290. Semana que precede a una gran competición.

EL ESPRINTER

Elegiremos esta vez atletas de nivel interregional que preparan los 200 m y dedican 2 sesiones semanales a la musculación.

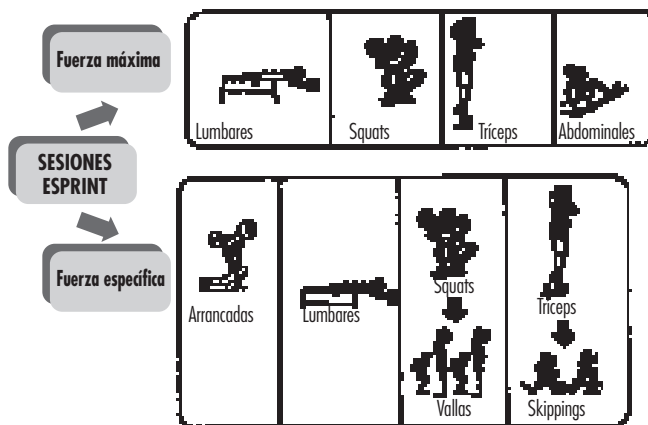


Figura 291. Sesiones en esprint.

Sesiones

Éstas son siempre de 2 tipos: fuerza máxima y fuerza específica (figura 291).








La semana








Se representa en la figura 292. Los atletas realizan a menudo una tercera sesión de carrera.








Especialidad		SEMANA	CICLO N.º dominante:	AÑO:	Lugar de la semana
lunes	FUERZA	 Lumbares	Squats	Triceps	Abdominales 3 recorridos
martes	CARRERA	CARRERA		Trabajo de los isquiritales	
miércoles	FUERZA	Arrancadas	Lumbares	Squats	Vallas Triceps Skippings
jueves	CARRERA	CARRERA		Trabajo de los isquiritales	








Figura 292. Semana de entrenamiento de los esprinters.








Seguidamente sólo desarrollaremos las sesiones de musculación de los ejercicios específicos del esprint.







CICLO	Año:	Lugar de la semana	
N.º 1 dominante:			
búlgaro			
fuerza máx.	Squats 	4 × 2 × 6 concéntricos al 70% 2 × 6 concéntricos al 40% (ejecución rápida)	
	Tríceps 	4 × 2 × 6 concéntricos al 70% 2 × 6 concéntricos al 40% (ejecución rápida)	
fuerza	Squats	 5 × 3 al 80% + 8 bancos saltados + 4 al 50% + 8 vallas	
específ.	Tríceps 	 4 × 3 al 80% + 8 saltos de tobillos + 6 al 50% + 12 skippings	

CICLO	Año:	Lugar de la semana	
N.º 2 dominante:			
excéntrico			
fuerza máx.	Squats 	6 × 4 descensos con cada pierna (subida con dos piernas) + 6 squats concéntricos al 60%	
	Tríceps 	6 × 4 flexiones 1 pierna (en la prensa) subir con 2 (al 90%) + 6 tríceps con barra al 60%	
fuerza	Squats	 5 × 3 por pierna + 8 bancos saltados + 6 al 50% + 8 vallas	
específ.	Tríceps 	 4 × 4 excén. en la prensa + 8 saltos de tobillos + 6 al 50% + 12 skippings	

CICLO	Año:	Lugar de la semana	
N.º 3 dominante:			
isometría			
fuerza máx.	Squats 	4 × 1 × 6 isometría total al 70% 1 × 8 vallas pies juntos 1 × 6 squats concéntricos al 60%	
	Tríceps 	4 × 1 × 6 isometría total al 70% 1 × 8 saltos de tobillos 1 × 6 tríceps concéntricos al 60%	
fuerza	Squats	 5 × 3 iso. al 60% + 8 bancos saltados + 2 iso. al 80% + 8 vallas	
específ.	Tríceps 	 4 × 3 al 80% + 8 saltos de tobillos + 6 al 50% + 12 skippings	

CICLO	Año:	Lugar de la semana	
N.º 4 dominante:			
pliométrica			
fuerza máx.	Squats 	4 × 6 1/2 squats al 100% (del squat completo) con 2 tiempos de resalto + 8 vallas con pies juntos	
	Tríceps 	4 × 6 movimientos con 2 tiempos de resalto en la prensa al 80% + 6 saltos de tobillos	
fuerza	Squats	 5 × 3 1/2 al 100% + 8 bancos + 6 saltos (80 cm) + 6 vallas	
específ.	Tríceps 	 3 × 4 pliométrías en la prensa + 8 saltos de tobillos + 6 saltos plinton (60 cm) + 12 skippings	

CICLO		Año:	Lugar de la semana	
fuerza máxima.	N.º 5 dominante: estático-dinámico			
	Squats 	6 × 6 estático-dinámico al 60%		
	Triceps 	6 × 6 estático-dinámico al 60%		
fuerza específica.	Squats	 3 × 2 × (3 estático al 60%) + 8 bancos + 3 estático-din. + 8 vallas		
	Triceps 	Estatos  4 × 3 al 60% + 12 saltos de tobillos + 3 al 60% + 20 skippings		

CICLO		Año:	Lugar de la semana	
fuerza máxima.	N.º 6 dominante: búlgaro			
	Squats 	4 × 1 × 3 al 85% 1 × 6 al 40% 8 vallas con pies juntos		
	Triceps 	4 × 1 × 3 al 85% 1 × 6 al 40% 8 saltos de tobillos		
fuerza específica.	Squats	 3 × 3 al 85% + 8 bancos saltados + 3 al 85% + 8 vallas		
	Triceps 	3 × 3 al 80% + 8 saltos de tobillos + 6 al 50% + 20 skippings		








CICLO		Año:	Lugar de la semana	
fuerza máxima.	N.º 7 dominante: estático-dinámico			
	Squats 	4 × 6 estático-dinámico al 60%		
	Triceps 	4 × 6 estático-dinámico al 60%		
fuerza específica.	Squats			
	Triceps 			

Figura 293. Las figuras precedentes (páginas 257 y 258) muestran un ejemplo de semana de cada uno de los ciclos (la figura correspondiente al ciclo n.º 7 ilustra la semana previa a un objetivo).

ESCALADA

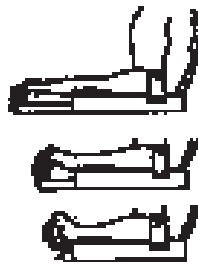


Ilustraremos aquí únicamente el trabajo de brazos ya que parece ser sobre todo la parte superior del cuerpo lo que los escaladores orientan hacia el trabajo de fuerza. Diversas observaciones nos vienen a la mente cuando observamos trabajar a los escaladores.

- El trabajo es esencialmente concéntrico e isométrico.
- Los escaladores son muy fuertes en concéntrico.
- El trabajo para la mejora de la fuerza de los dedos presenta ciertos problemas.
 - En efecto el trabajo de los dedos es muy importante. No obstante realizar dominadas apoyando en los dedos consiste en trabajar de los flexores del brazo de forma activa y en imponer sobrecargas isométricas a los dedos. No es un trabajo de musculación de dedos propiamente dicho. Es necesario hacer trabajar los dedos también de forma concéntrica, aunque sólo sea para compensar el exceso de trabajo isométrico al que son sometidos en el específico de la escalada.
 - Es necesario por tanto buscar otras formas de trabajo para los dedos: las formas concéntricas nos parecen esenciales y deben multiplicarse, incluso en tensiones bajas con un trabajo repetitivo ("footing de dedos"). Para un reforzamiento



a)



b) (según L. Martin)

Figura 294. Dispositivos para el trabajo de dedos.

real es necesario un aparataje que puede ser de dos tipos: bien sea una empuñadura como la utilizada para los tests de fuerza de manos (figura 294 a), bien sea un dispositivo que permita la localización del trabajo (figura 294 b).

- Aparte de estos dispositivos, el trabajo de dedos puede realizarse en suspensión, brazos extendidos, buscando la flexión de dedos (evidentemente en situación aligerada).

SESIONES

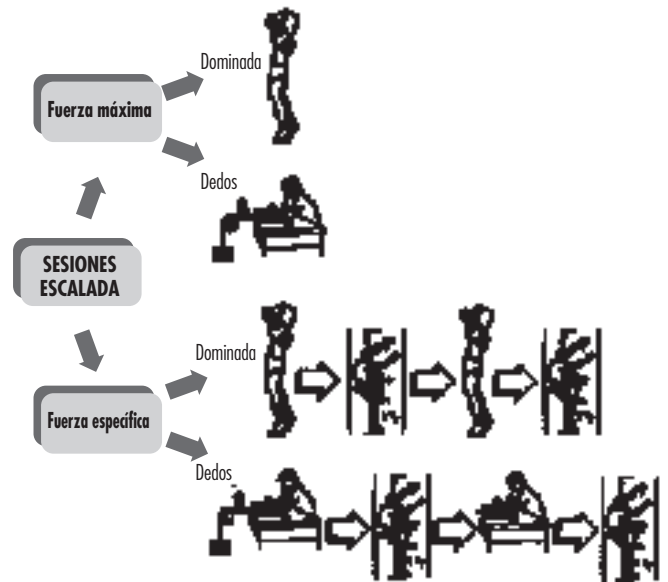


Figura 295. Ejemplos de sesiones.

Según lo que hemos señalado un trabajo de la fuerza en escalada parece que pasa por las siguientes situaciones:

- Las dominadas.
- El reforzamiento de los dedos.

LA SEMANA

La sesión específica debe diseñarse en función del objetivo buscado:

- Duración de la prueba.
- Número de dificultades importantes (en términos de fuerza).
- Tiempo de descanso relativo (donde la fuerza desarrollada es baja).

Se trata verdaderamente de copiar la estructura de la prueba (o de un medio teórico de las diferentes pruebas). El principio tra-

Especialidad		SEMANA	CICLO N.º dominante:	AÑO: lugar de la semana
jueves	FUERZA			Dedos
martes	ESCALADA			
miércoles	FUERZA			Dedos
viernes	ESCALADA			
domingo	FUERZA	Dominada		Dedos
sábado	ESCALADA			

Figura 296. Semana de entrenamiento en escalada.

ta de acentuar las diferencias: los requerimientos de fuerza deben ser más intensos que en competición (para no caer en carencia de fuerza), los pasos fáciles deben ser menos intensos (para mantener el contacto con la especificidad y recuperar con vistas a poder encadenar otros ejercicios de fuerza de buena calidad). En los ejemplos dados permanecemos en sesiones específicas simplificadas; será necesario adaptarlas a las necesidades teniendo en cuenta los principios precedentes (en general es necesario prolongar la duración del encadenamiento).

Sólo presentaremos 3 ejemplos de semanas. El período se representa en la figura 297.

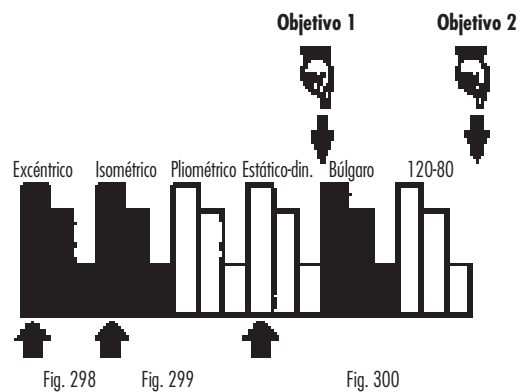


Figura 297. Ejemplo de planificación en escalada.









Especialidad		SEMANA:	CICLO N.º 1	AÑO:	Lugar de la semana
		1	Dominante: excéntrico		
S E S I Ó N 1	F U E R Z A	Dominadas 	5 ×	4 dominadas excéntricas al 100% + 6 dominadas concéntricas al 50%	
	M Á X I M A	Dedos 	5 ×	6 al 90% en excéntrico + 10 al 50% en concéntrico	
S E S I Ó N 2	F U E R Z A	Dominadas 	5 ×	6 dominadas excéntricas al 90% (descanso 3 minutos) 6 dominadas concéntricas al 60% (descanso 3 minutos)	
	M Á X I M. M.	Dedos 	10 ×	8 al 60% en concéntrico	
S E S I Ó N 3	F U E R Z A	Dominadas 	4 ×	4 dominadas excéntricas al 100% + muro vía fácil + 4 dominadas excéntricas al 90% + muro vía fácil + 4 dominadas concéntricas al 60% + muro vía fácil	
	E S P E C.	Dedos 	4 ×	6 en excéntrico al 90% + muro vía fácil + 6 en excéntrico al 90% + muro vía fácil + 10 en concéntrico al 50% + muro vía fácil + 10 en concéntrico al 50%	

Figura 298. Semana excéntrica.









Especialidad		SEMANA:	CICLO N.º 2	AÑO:	Lugar de la semana
		1	Dominante: isométrico		
S E S I Ó N 1	F U E R Z A	Dominadas 	5 × 2 dominadas isométricas al 90% + 4 dominadas concéntricas al 50% + 2 dominadas isométricas al 90% + 4 dominadas concéntricas al 50%		
	M Á X I M A	Dedos 	5 × 6 al 90% en isometría + 10 al 50% en concéntrico		
S E S I Ó N 2	F U E R Z A	Dominadas 	5 × 6 dominadas isométricas al 90% (descanso 3 minutos) 6 dominadas concéntricas al 60% (descanso 3 minutos)		
	M Á X I M. M.	Dedos 	10 × 8 al 60% en concéntrico		
S E S I Ó N 3	F U E R Z A	Dominadas 	4 × 4 dominadas isométricas al 90% + muro vía fácil + 4 dominadas concéntricas al 60% + 4 dominadas isométricas al 90% + muro vía fácil + 4 dominadas concéntricas al 60% + muro vía fácil		
	E S P E C.	Dedos 	4 × 6 en isometría al 90% + muro vía fácil + 6 en isometría al 90% + muro vía fácil + 10 en concéntrico al 50% + muro vía fácil + 10 en concéntrico al 50%		

Figura 299. Semana isométrica.









Especialidad		SEMANA:	CICLO N.º 4	AÑO:	Lugar de la semana
		1	Dominante: estático-dinámico		
S E S I Ó N 1	F U E R Z A	Dominadas		6 × 6 estático-dinámico al 60%	
	M Á X I M A	Dedos		6 × 6 estático-dinámico al 60%	
S E S I Ó N 2	F U E R Z A	Dominadas		6 × 6 estático-dinámico al 60%	
	M Á X I M. M.	Dedos		10 × 8 al 60% en concéntrico	
S E S I Ó N 3	F U E R Z A	Dominadas			
	E S P E C.	Dedos			

Figura 300. Semana estática-dinámica.



Proponemos un ejemplo de 3 sesiones semanales de musculación. Los principios son siempre los mismos. Las piernas trabajan en electroestimulación (cuádriceps solamente). El período de entrenamiento es sensiblemente el mismo (fig. 301). Los encadenamientos de “fuerza específica” se construyen de la forma siguiente:

- Alternancia de movimientos de fuerza y encadenamientos técnicos (del tipo “Uchi Komi” o “Nage Komi”) que solicitan los brazos sobre todo en tracción (para los tirones acostados y las dominadas) o más bien en extensión (para los press-banca).
- Duración aproximada correspondiente a un combate.

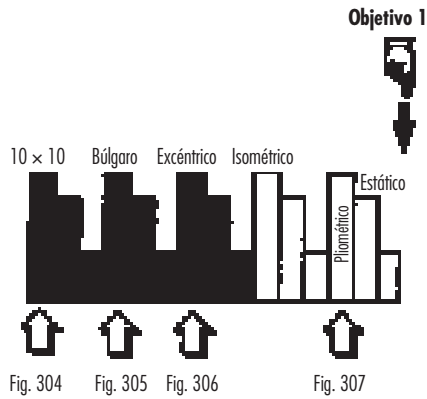


Figura 301. Ejemplo de período de musculación en judo.

SESIONES JUDO

FUERZA MÁXIMA

FUERZA ESPECÍFICA

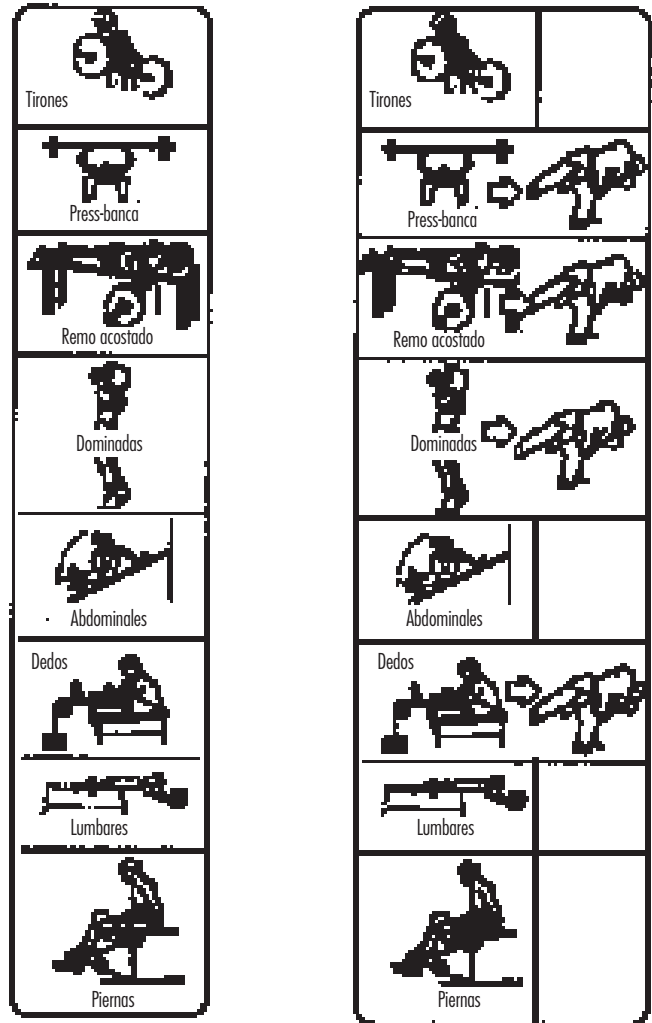


Figura 302. Las sesiones de musculación en judo.

Musculación: JUDO

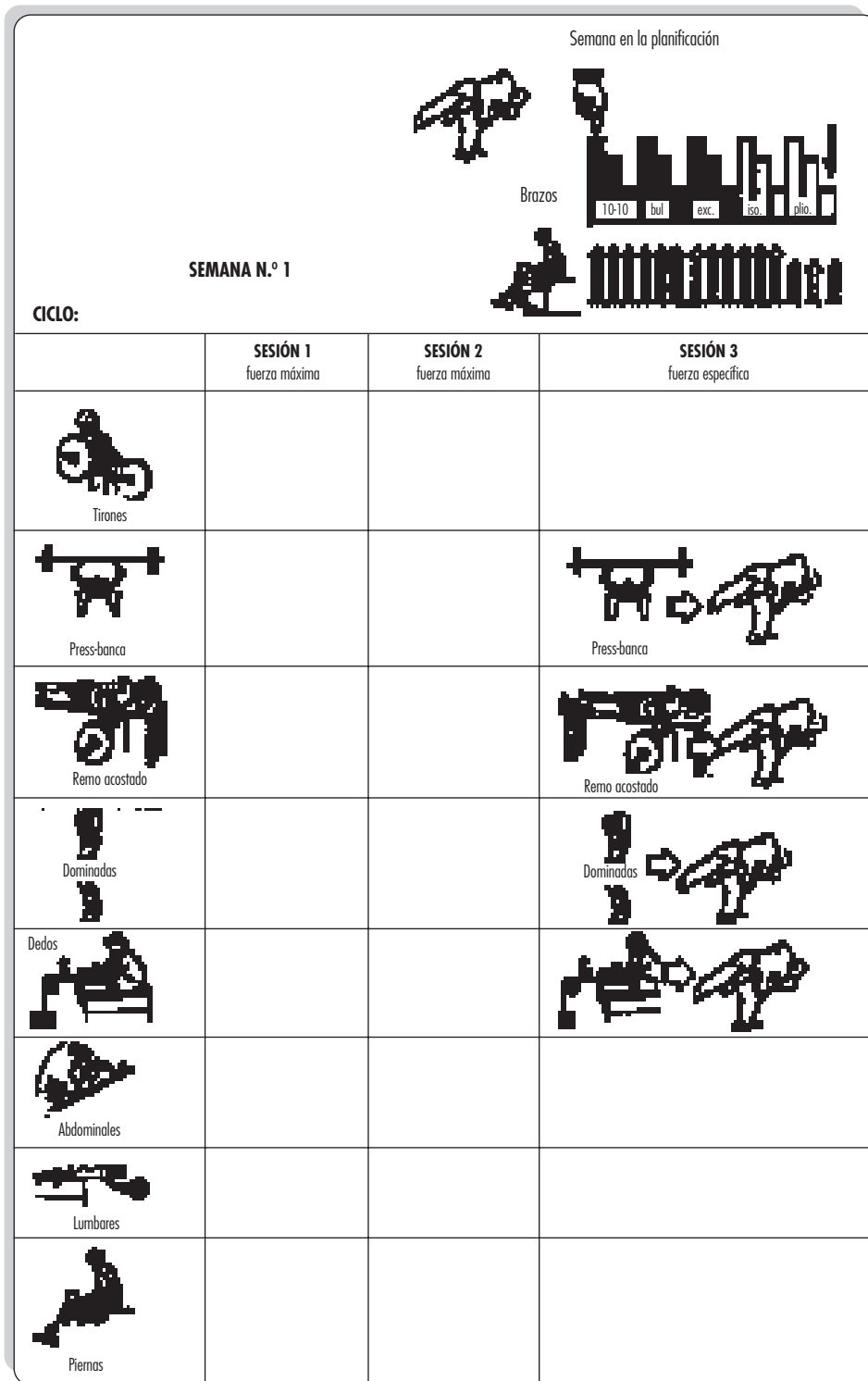


Figura 303. Semana de musculación en judo.

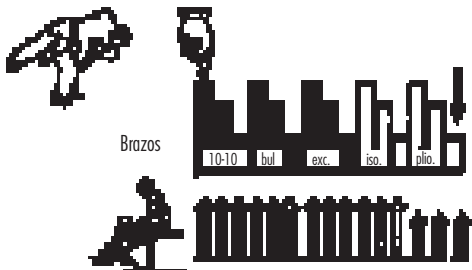
Musculación: JUDO

Semana en la planificación

Musculación: JUDO

SEMANA N.º 1

CICLO: 10 x 10



Brazos













	SESIÓN 1 fuerza máxima	SESIÓN 2 fuerza máxima	SESIÓN 3 fuerza específica
 Tirones	6 × 10 RM	6 × 10 RM	6 × 10 RM
 Press-banca	10 × 10 RM	8 × 10 RM	 10 RM + 10 mov. + 10 RM + 10 mov.
 Remo acostado	10 × 10 RM	8 × 10 RM	 10 RM + 10 mov. + 10 RM + 10 mov.
 Dominadas	8 × 10 RM	6 × 10 RM	 10 RM + 10 mov. + 10 RM + 10 mov.
 Dedos	10 × 10 RM	8 × 10 RM	 10 RM + 10 mov. + 10 RM + 10 mov.
 Abdominales	6 recorridos	6 recorridos	3 recorridos
 Lumbares	5 series	5 series	5 series
 Piernas	10 min	10 min	10 min

Figura 304. Semana de tipo 10 × 10.



Musculación: JUDO

Semana en la planificación



Musculación: JUDO

SEMANA N.º 4

CICLO: BÚLGARO

Brazos


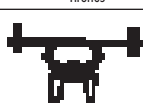





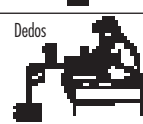




	SESIÓN 1 fuerza máxima	SESIÓN 2 fuerza máxima	SESIÓN 3 fuerza específica
 Tirones	4 × 3 al 80% 6 al 60%	5 × 2 al 70% + 2 al 50% + 2 al 70% + 2 al 50%	6 × 3 al 80% + 3 al 50%
 Press-banca	8 × 3 al 80% 6 al 50% rápido	7 × 2 al 70% + 2 al 50% + 2 al 70% + 2 al 50%	 2 al 90% + 10 MV + 6 al 50% + 10 mov. + 2 al 90% + 10 MV + 6 al 50%
 Remo acostado	8 × 3 al 80% 6 al 50% rápido	7 × 2 al 70% + 2 al 50% + 2 al 70% + 2 al 50%	 2 al 90% + 10 MV + 6 al 50% + 10 mov. + 2 al 90% + 10 MV + 6 al 50%
 Dominadas	6 × 3 al 80% 6 al 50% rápido	4 × 2 al 70% + 2 al 50% + 2 al 70% + 2 al 50%	 2 al 90% + 10 MV + 6 al 50% + 10 mov. + 2 al 90% + 10 MV
 Dedos	6 × 3 al 80% 6 al 50% rápido	8 × 10 RM	 2 al 90% + 10 MV + 6 al 50% + 10 mov. + 2 al 90% + 10 MV
 Abdominales	6 recorridos	6 recorridos	3 recorridos
 Lumbares	5 series	5 series	5 series
 Piernas	10 min	10 min	10 min

Figura 305. Semana "búlgaro".


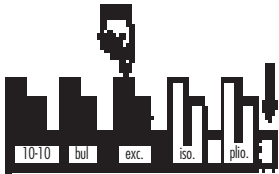
Musculación: JUDO

Semana en la planificación



Musculación: JUDO

SEMANA N.º 7

CICLO: EXCÉNTRICO

Brazos













	SESIÓN 1 fuerza máxima	SESIÓN 2 fuerza máxima	SESIÓN 3 fuerza específica
 Tirones	4 × 4 excéntrico al 90% + 6 conc. al 50%	3 × 6 excéntr. al 90% 6 conc. al 60%	6 × 6 RM
 Press-banca	5 × 4 excéntrico al 100% + 6 conc. al 50%	6 × 6 excéntr. al 90% 6 conc. al 60%	 3 exc. al 100% + 10 mov. + 4 con. al 60% + 5 mov. + 4 exc. al 90% + 5 mov. + 4 con al 50% + 10 mov + 3 exc. al 90%
 Remo acostado	5 × 4 excéntrico al 100% + 6 conc. al 50%	4 × 6 excéntr. al 90% 6 conc. al 60%	 3 exc. al 100% + 10 mov. + 4 con. al 60% + 5 mov. + 4 exc. al 90% + 5 mov. + 4 con al 50% + 10 mov + 3 exc. al 90%
 Dominadas	3 × 4 excéntrico al 100% + 6 conc. al 50%	6 × 6 excéntr. al 90% 6 conc. al 60%	 3 exc. al 100% + 10 mov. + 4 con. al 60% + 5 mov. + 4 exc. al 90% + 5 mov. + 4 con al 50% + 10 mov + 3 exc. al 90%
 Dedos	4 × 4 excéntrico al 90% + 6 conc. al 50%	3 × 6 excéntr. al 90% 6 conc. al 60%	 3 exc. al 100% + 10 mov. + 4 con. al 60% + 5 mov. + 4 exc. al 90% + 5 mov. + 4 con al 50% + 10 mov + 3 exc. al 90%
 Abdominales	6 recorridos	6 recorridos	3 recorridos
 Lumbares	5 series	5 series	5 series
 Piernas	10 min	10 min	10 min

Figura 306. Semana "excéntrica".


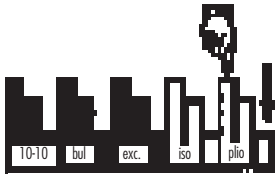
Musculación: JUDO

Semana en la planificación



Musculación: JUDO

SEMANA N.º 4

CICLO: BÚLGARO

Brazos









	SESIÓN 1 fuerza máxima	SESIÓN 2 fuerza máxima	SESIÓN 3 fuerza específica
 Tirones	3 × 3 pliom. al 80% 6 concén. al 50% rápido	4 × 6 pliométricos al 60%	
 Press-banca	4 × 6 press-banca pliométrica al 60% 6 flexiones con salto 6 conc. al 60%	6 × 6 pliométricos al 60%	
 Remo acostado	4 × 3 pliom. al 80% 6 concén. al 50% rápido	6 × 6 pliométricos al 60%	
 Dominadas	4 × 3 pliom. al 80% 6 concén. al 50% rápido	4 × 6 pliométricos al 60%	
 Dedos	6 × 3 al 80% 6 al 50% rápido	6 × 6 RM	
 Abdominales	3 recorridos	3 recorridos	
 Lumbares	5 series	3 series	
 Piernas	5 min 6 × 6 vallas pies juntos	5 min 6 × 6 vallas pies juntos	

Figura 307. Semana “pliométrica”.

NATACIÓN

Tomamos como ejemplo un nadador de 50 m mariposa (para los 100 m sólo la sesión específica será diferente, con distancias de nado más largas) de nivel nacional.



SESIONES

Ejercicios de musculación

Es interesante dar algunas consideraciones sobre ciertos dispositivos de musculación específicos de la natación. Hemos seleccionado 3 ejercicios:

- Los elásticos.
- Los mini-gyms.
- El carrito.

Con estos aparatos se pretende mejorar la fuerza de los nadadores. ¿Qué son?

TRABAJO CON LOS ELÁSTICOS (GOMAS)

Las tensiones creadas por este tipo de ejercicios son demasiado bajas para el desarrollo de la fuerza. Es prácticamente imposible realizar un test de fuerza máxima. El número de repeticiones realizadas es de vital importancia, se recae en la famosa "fuerza resistencia" ya evocada en el trabajo sobre escalada. Un trabajo con tensiones del mismo orden que en la disciplina de competición no nos parece interesante, es necesaria la creación de tensiones netamente superiores. Eso nada aporta al tipo de esfuerzo realizado en natación. Clarys (1984), por otra parte, mostró que las contracciones realizadas mediante los elásticos no son muy interesantes para los gestos de la natación.

En resumen, los elásticos no son eficaces ni para la fuerza máxima ni para la fuerza específica; no tienen, pues, interés alguno.

LOS MINI-GYMS

Estos aparatos permiten un trabajo isocinético. Desde el punto de vista de la fuerza, hemos examinado este régimen únicamente en el desarrollo de la masa muscular, puesto que busca sólo ese objetivo. Los nadadores ¿tienen mayores necesidades que los demás de ganancia de masa muscular? Parece que no. Los conoci-

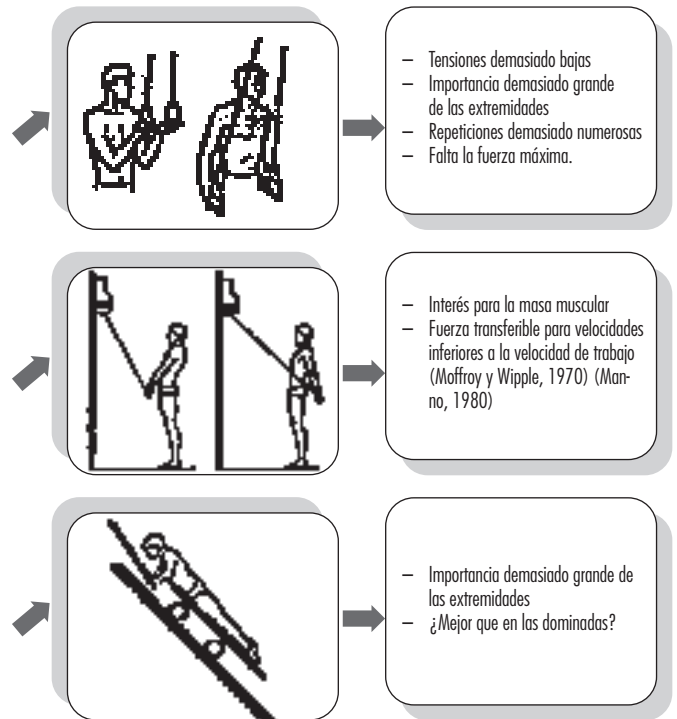


Figura 308. Crítica de los ejercicios de musculación en natación.

mientos sobre esta técnica (muy numerosos, puesto que este tipo de contracción es muy utilizado en reeducación) muestran que las ganancias de fuerza son transferibles a velocidades inferiores a la de trabajo. Para ser eficaz en la natación será, pues, necesario trabajar con velocidad, lo cual es incompatible con tensiones considerables y no obstante con un trabajo de fuerza eficaz. Clarys muestra de nuevo que las características de las contracciones generadas por los mini-gyms no son las mismas que las de la natación.

En resumen, los mini-gyms no presentan ningún interés para el desarrollo de la fuerza en natación.

EL CARRITO

Este aparato busca igualmente aproximarse al gesto del nadador. Si se trabaja con series largas, está claro que no presenta ningún interés para el desarrollo de la fuerza. Se puede entonces incrementar la dificultad para reducir el número de RM. En tal caso se acerca a la vertical, próximo entonces a la posición de las dominadas. El único matiz reside en la posición de los brazos, la cual es más específica para la natación en el caso del carrito. Inversamente, en la posición del carrito, no se puede expresar una fuerza máxima (se desarrolla menos fuerza que en dominadas). Ciertos músculos no obstante no se implican a fondo (caso del dorsal ancho). Los músculos de las extremidades serán los primeros en fatigarse.

En resumen, nosotros preferimos las dominadas al carrito. Sin embargo para los que no quieran abandonar este ejercicio ,

aconsejamos los encadenamientos de las figuras 309 y 310. Es necesaria en este caso la utilización de dominadas en pre-fatiga del carrito, solamente en tal caso esta situación es eficaz.

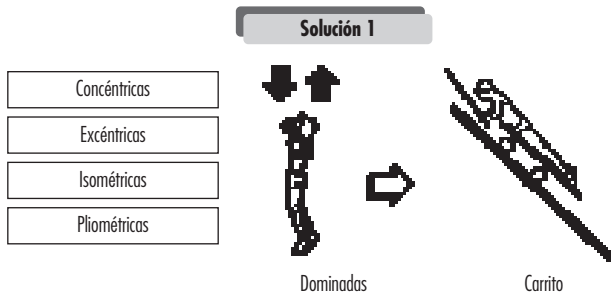


Figura 309. Ejemplo de utilización eficaz del carrito.

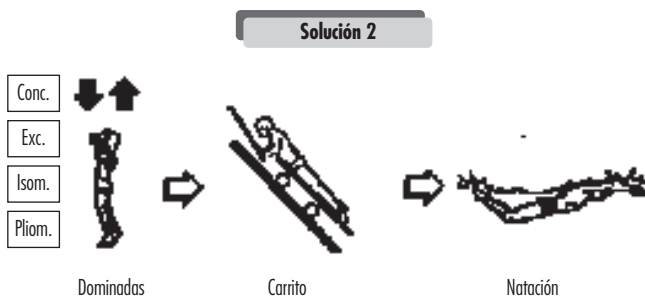


Figura 310. Otro ejemplo de encadenamiento que incluye el carrito.

Sesiones

La elección de los ejercicios se ha realizado para un nadador de 50, 100 m mariposa (figura 312). Las piernas trabajan con electroestimulación habida cuenta la extrema eficacia de este método en natación. Propondremos ejemplos de sesiones de trabajo de piernas de forma tradicional.

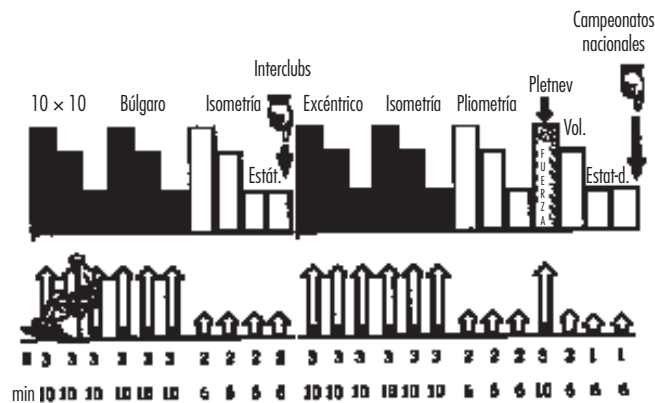


Figura 311. Ejemplo de planificación en natación.

LAS SEMANAS

Hay que insistir en el hecho de que durante el bloque "fuerza" el nadador se ha de contentar con nadar a baja intensidad y en poca cantidad (10 km semanales), hasta tal punto las sesiones de musculación son cualitativas. El riesgo de sobreentrenamiento será grande si se mantiene una cadencia de trabajo elevada.

Las sesiones lácticas serán inexistentes en este período por ejemplo. En el curso de la semana de tests, el nadador puede nadar de forma más cualitativa.

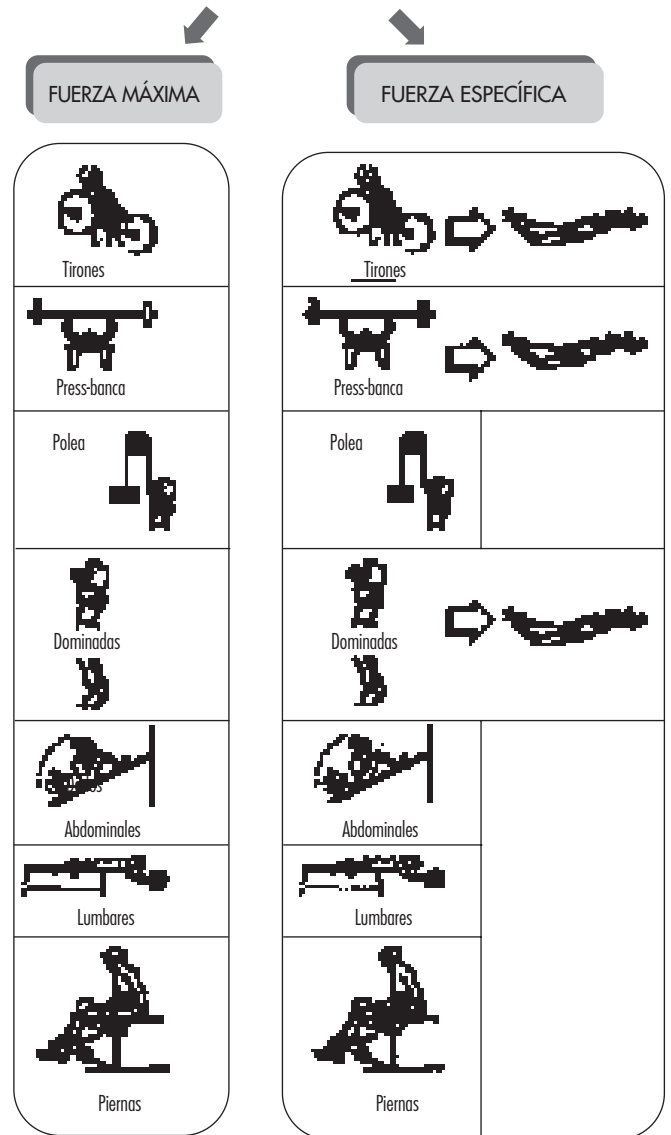


Figura 312. Las sesiones en natación.

Observese que, en el ejemplo desarrollado, el atleta ha preparado los 50 m como primer objetivo y los 100 m como segundo.

Entrenamiento: NATACIÓN














Entrenamiento: NATACIÓN		Semana en la planificación		
				
		Brazos		
	SEMANA N.º 4			
	CICLO: BÚLGARO			
	SESIÓN 1 	SESIÓN 2 	SESIÓN 3 	
 Tirones	4 × 6 al 70% 6 al 50% rápido	2 × 2 × 6 al 70% 2 × 6 al 50% rápido	4 × 1 × 3 al 85% + 1 × 4 al 50% rápido + 25 m + 1 × 4 al 50% rápido	
 Press-banca	8 × 1 × 6 al 70% 1 × 6 al 50% rápido	4 × 2 × 6 al 70% 2 × 6 al 50% rápido	5 × 1 × 3 al 80% + 1 × 3 al 50% rápido + 25 m + 1 × 3 al 80% + 25 m + 1 × 4 al 50% rápido	
 Polea	4 × 6 al 80% 6 al 50% rápido	5 × 3 al 85% + 6 al 50% rápido (encadenado)		
 Dominadas	8 × 6 al 80% 6 al 50% rápido	4 × 2 × 6 al 80% 2 × 6 al 50% rápido	6 × 1 × 3 al 80% + 1 × 3 al 50% rápido + 25 m + 1 × 3 al 80% + 25 m + 1 × 4 al 50% rápido	
 Abdominales	Máquina de abdominales 1 5 × 10 RM Máquina de abdominales 2 5 × 10 RM	Máquina de abdominales 1 5 × 10 RM Máquina de abdominales 2 5 × 10 RM	4 series de abdominales en acortamiento	
 Lumbares	6 × 1 × 6 iso. tot. 1 × 10 ligera velocidad	6 × 1 × 6 iso. tot. 1 × 10 ligera velocidad	6 × 1 × 6 iso. tot. 1 × 10 ligera velocidad	
 Piernas	Electro 10 min.	Electro 10 min.	Electro 10 min.	

Figura 313. Semana “búlgara” (50 m).

Entrenamiento: NATACIÓN


Entrenamiento: NATACIÓN




SEMANA N.º 7

CICLO: ISOMÉTRICO

Semana en la planificación



Brazos













	SESIÓN 1 	SESIÓN 2 	SESIÓN 3 
 Tirones	4 × 6 al 60% en iso. tot. 6 al 60% concéntrico	4 × 6 iso. tot. al 60% + 25 m + 6 conc. al 60% + 25 m + 6 iso. tot. al 60%	4 × 4 iso. tot. al 60% + 15 m + 4 iso. tot. al 60% + 15 m + 6 conc. al 60% + 15 m + 6 conc. al 60%
 Press-banca	6 × 6 al 60% en iso. tot. 6 al 60% concéntrico	4 × 6 iso. tot. al 60% + 25 m + 6 conc. al 60% + 25 m + 6 iso. tot. al 60%	4 × 4 iso. tot. al 60% + 15 m + 4 iso. tot. al 60% + 15 m + 6 conc. al 60% + 15 m + 6 conc. al 60%
Polea 	4 × 6 al 60% en iso. tot. 6 al 60% concéntrico		
 Dominadas	6 × 6 al 60% en iso. tot. 6 al 60% concéntrico	6 × 6 iso. tot. al 60% + 25 m + 6 conc. al 60% + 25 m + 6 iso. tot. al 60%	6 × 4 iso. tot. al 60% + 15 m + 4 iso. tot. al 60% + 15 m + 6 conc. al 60% + 15 m + 6 conc. al 60%
 Abdominales	Máquina de abdominales 1 5 × 10 RM Máquina de abdominales 2 5 × 10 RM	Máquina de abdominales 1 5 × 10 RM Máquina de abdominales 2 5 × 10 RM	4 series de abdominales en acortamiento
 Lumbares	6 × 1 × 6 iso. tot. 1 × 10 ligera velocidad	6 × 1 × 6 iso. tot. 1 × 10 ligera velocidad	6 × 1 × 6 iso. tot. 1 × 10 ligera velocidad
Piernas 	Electro 10 min.	Electro 10 min.	Electro 10 min.

Figura 314. Semana "isométrica" (50 m).

Entrenamiento: NATACIÓN


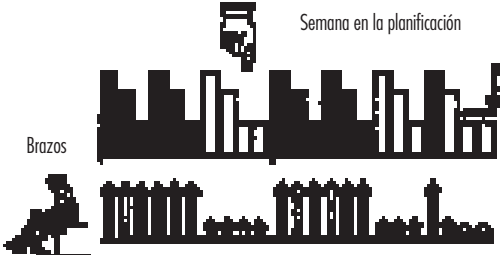







Entrenamiento: NATACIÓN		Semana en la planificación	
 SEMANA N.º 9 CICLO: ISOMÉTRICO (ESTÁTICO)		 Brazos	
	SESIÓN 1	SESIÓN 2	SESIÓN 3
 Tirones	6×6 estático-dinámico al 60%	$4 \times$ 3 estático al 60% + 25 m + 3 estático al 60% + 25 m + 3 estático al 60% + 25 m	
 Press-banca	6×6 estático-dinámico al 60%	$4 \times$ 3 estático al 60% + 25 m + 3 estático al 60% + 25 m + 3 estático al 60% + 25 m	
 Polea	6×6 estático-dinámico al 60%		
 Dominadas	6×6 estático-dinámico al 60%	$4 \times$ 3 estático al 60% + 25 m + 3 estático al 60% + 25 m + 3 estático al 60% + 25 m	
 Abdominales	4 series de abdominales en acortamiento	4 series de abdominales en rotación	
 Lumbares	$6 \times$ 1×6 iso. tot.	$6 \times$ 1×6 iso. tot.	
 Piernas	Electro 7min.	Electro 7 min.	

Figura 315. Semana “estático-dinámica” (50 m).

Entrenamiento: NATACIÓN


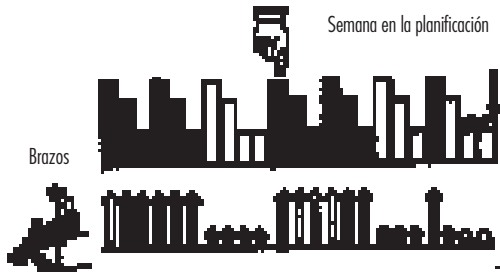










Entrenamiento: NATACIÓN		Semana en la planificación	
			
SEMANA N.º 11 CICLO: EXCÉNTRICO		Brazos	
	SESIÓN 1 	SESIÓN 2 	SESIÓN 3 
 Tirones	3 × 4 exc. al 90% + 6 conc. al 50%	4 × 6 exc. al 90% + 6 conc. al 60%	3 × 4 exc. al 100% + 50 m + 4 conc. al 60% + 50 m + 4 exc. al 90% + 50 m + 6 conc. al 60%
 Press-banca	5 × 4 exc. al 100% + 6 conc. al 50%	6 × 6 exc. al 90% + 6 conc. al 60%	4 × 4 exc. al 100% + 25 m + 4 conc. al 60% + 25 m + 4 exc. al 90% + 25 m + 4 exc. al 80% + 25 m + 4 conc. al 60% + 25 m
 Polea	5 × 4 exc. al 100% + 6 conc. al 50%	4 × 6 exc. al 90% + 6 conc. al 60%	4 × 4 exc. al 100% + 25 m + 4 conc. al 60% + 25 m + 4 exc. al 90% + 25 m + 4 exc. al 80% + 25 m + 4 conc. al 60% + 25 m
 Dominadas	5 × 4 exc. al 100% + 6 conc. al 50%	6 × 6 exc. al 90% + 6 conc. al 60%	5 × 4 exc. al 100% + 25 m + 4 conc. al 60% + 25 m + 4 exc. al 90% + 25 m + 4 exc. al 80% + 25 m + 4 conc. al 60% + 25 m
 Abdominales	4 series de abdominales en acortamiento	4 series de abdominales en rotación	4 recorridos
 Lumbares	6 × 1 × 6 iso. tot.	6 × 1 × 6 iso. tot.	6 × 1 × 6 iso. tot.
 Piernas	Electro 10 min.	Electro 10 min.	10 min.

Figura 316. Semana “excéntrica” (100 m).

Entrenamiento: NATACIÓN













Entrenamiento: NATACIÓN		Semana en la planificación	
			
SEMANA N.º 20			
CICLO: PLETNEV			
	SESIÓN 1 	SESIÓN 2 	SESIÓN 3 
 Tirones	2 × 4 exc. al 100% 6 conc. al 50% 6 iso. tot. al 80% 6 conc. al 50%		3 × 4 exc. al 100% + 50 m + 4 conc. al 60% + 50 m + 4 iso. al 90% + 50 m + 6 conc. al 60%
 Press-banca	3 × 4 exc. al 100% 6 conc. al 50% 6 iso. tot. al 80% 6 conc. al 50%		4 × 4 exc. al 100% + 50 m + 4 conc. al 60% + 50 m + 4 iso. al 90% + 50 m + 6 conc. al 60%
 Polea			
 Dominadas	3 × 4 exc. al 100% 6 conc. al 50% 6 iso. tot. al 80% 6 conc. al 50%		4 × 4 exc. al 100% + 50 m + 4 conc. al 60% + 50 m + 4 iso. al 90% + 50 m + 6 conc. al 60%
 Abdominales	4 series de abdominales en acortamiento		4 recorridos
 Lumbares	6 × 1 × 6 iso. tot.		6 × 1 × 6 iso. tot.
 Piernas	Electro 10 min.	Electro 10 min.	10 min.

Figura 317. Semana tipo "pletnev" (100 m).

Terminaremos por dar ejemplos de sesiones de musculación de piernas. Estas series pueden repetirse de 4 a 8 veces.

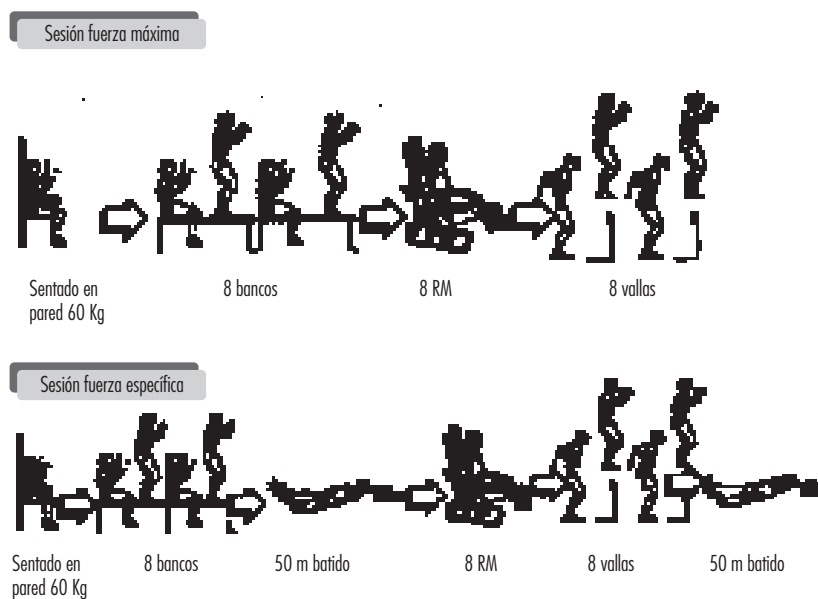
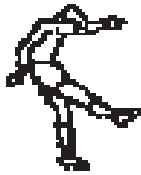


Figura 318. Sesiones “piernas” en natación.

FÚTBOL

Nosotros sólo propondremos los programas para la mejora del tren inferior.



SESIONES

Se componen de 3 partes:

- El trabajo del squat (o equivalente).
- El trabajo del tríceps.
- El trabajo de balanceo de la pierna (gesto de golpeo).

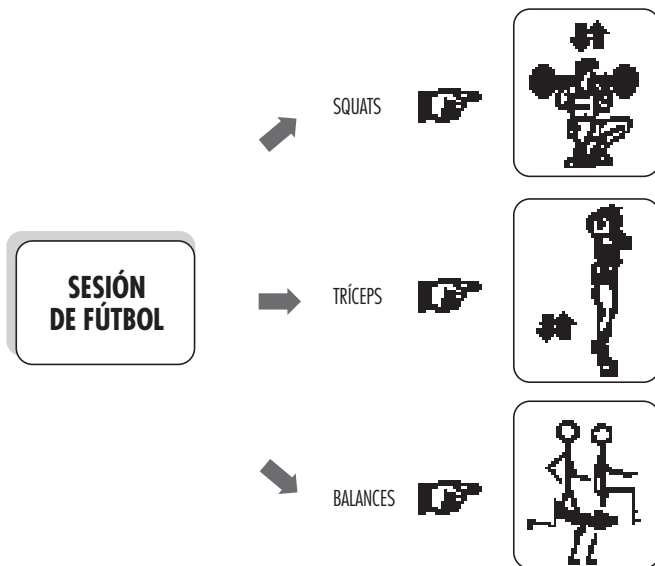


Figura 319. La sesión en el fútbol.

En el fútbol es necesario mejorar los mismos grupos musculares que en el sprint y añadir el trabajo del gesto del golpeo, que consiste en el balanceo de la pierna que golpea.

En los deportes colectivos conviene abordar la fuerza máxima con prudencia; las combinaciones que unen la pre-fatiga y la isometría son las mejor aceptadas. Para evitar una desadaptación demasiado grande es aconsejable volver a unas situaciones de pliometría simple.

La figura 320 ilustra los diferentes aspectos de una sesión con dominio de la fuerza máxima. El número de repeticiones por encadenamiento es de 3 a 6.

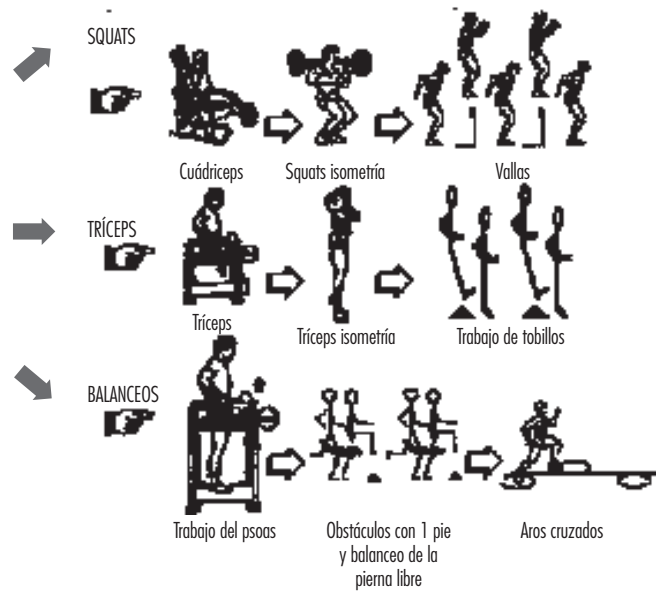


Figura 320. Una sesión de fuerza máxima.

En la sesión específica debemos, en la medida de lo posible, integrar los ejercicios en los que interviene el balón (fig. 321).

El principio de la evolución de las sesiones es el siguiente:

- Los ejercicios dinámicos (vallas) o con balón (cabeza, tiro) son los mismos.
- Sólo son modificados los ejercicios con cargas cambiando principalmente el modelo de la contracción (fig. 322).

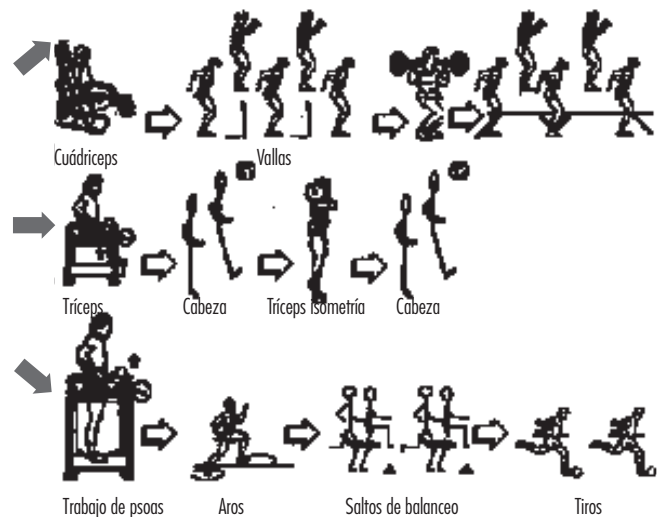


Figura 321. Ejemplo de sesión de la fuerza específica en el fútbol.

En la figura 322 se muestra la progresión de los ejercicios de squats. Es relativamente simple construir un programa de musculación:

- Elegir un encadenamiento de 3 a 4 ejercicios.
- 2 ejercicios con cargas.
- No dejar de hacer ejercicios sin carga.

- Aumentar la dificultad de los ejercicios con cargas utilizando la lógica de los regímenes de contracción.

LAS SEMANAS

Damos dos ejemplos de semanas de entrenamiento con dominio isométrico (fig. 323) y excéntrico (fig. 324).

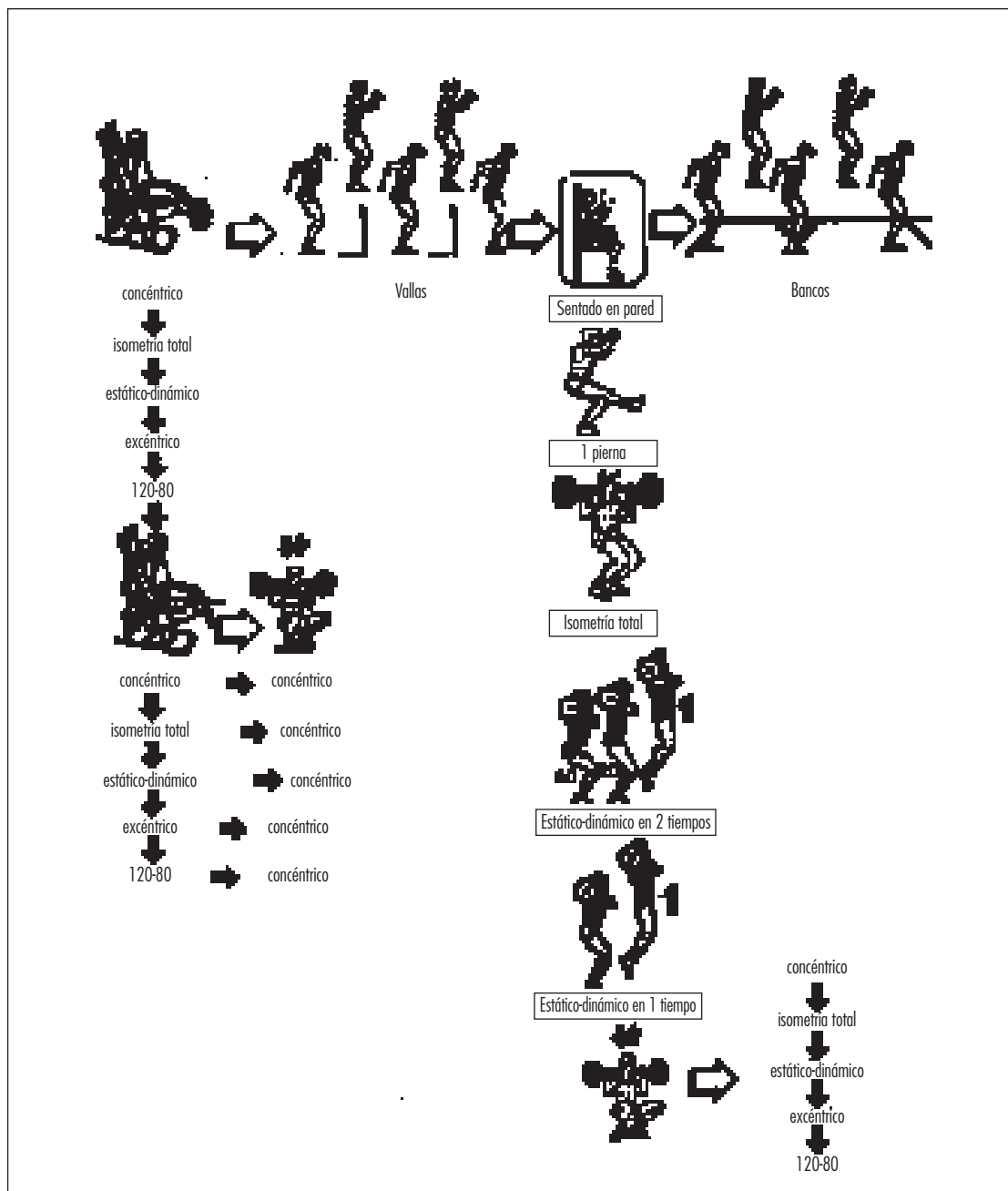


Figura 322. Ejemplo de la evolución de un recorrido de fuerza específica en fútbol.







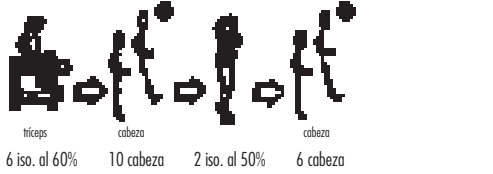

F U E R Z A M Á X I M A	4 ×		6 RM conc. 3 al 70% isom. 8 vallas
	4 ×		6 RM conc. 3 iso. al 60%+ 8 saltos en pie
	4 ×		10 RM 5 balanceos cada pierna + 20 m aros
F U E R Z A E S P E C Í F I C A	3 ×		cuádriceps 6 iso al 60% 6 vallas 3 iso. al 70% 6 bancos
	3 ×		triceps cabeza cabeza 6 exc. al 90% 10 cabeza 2 iso. al 50% 6 cabeza
	3 ×		6 iso. al 50% 20 m aros 4 balanceos 6 tiros

Figura 323. Ejemplo de semana con dominio isométrico.



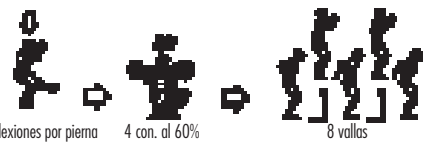
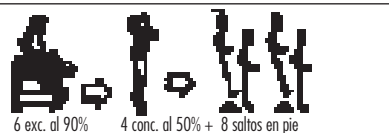

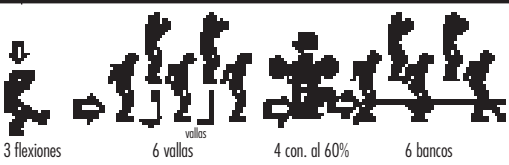
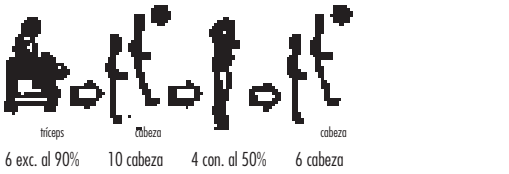

F U E R Z A M Á X I M A	4 ×		3 flexiones por pierna 4 con. al 60% 8 vallas
	4 ×		6 exc. al 90% 4 conc. al 50%+ 8 saltos en pie
	4 ×		8 RM con. 5 balanceos cada pierna + 20 m aros
F U E R Z A E S P E C Í F I C A	3 ×		3 flexiones 6 vallas 4 con. al 60% 6 bancos
	3 ×		triceps cabeza cabeza 6 exc. al 90% 10 cabeza 4 con. al 50% 6 cabeza
	3 ×		3 con. al 80% 20 m aros 4 balanceos 6 tiros

Figura 324. Ejemplo de semana con dominio excéntrico.

VOLEIBOL

Proponemos un programa de 10 semanas destinado a jugadores de voleibol de nivel nacional (juniors, seniors).



EL PROGRAMA

Comporta 3 ciclos:

- Un ciclo de 4 semanas (con dominio isométrico por razones "pedagógicas").
- Un ciclo de 3 semanas con introducción al trabajo excéntrico.
- Un ciclo de 3 semanas de preparación de las competiciones de naturaleza estático-dinámica.

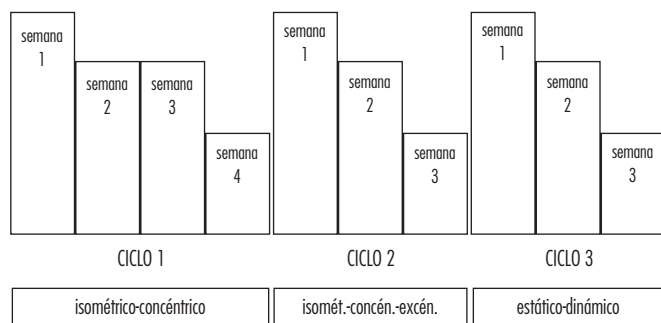


Figura 325. El programa propuesto para voleibol.

LAS SESIONES

Implican tanto el tren superior como el inferior son de 2 tipos:

- Orientadas hacia la fuerza máxima (sesión 1).
- Orientadas hacia la fuerza específica (sesión 2).

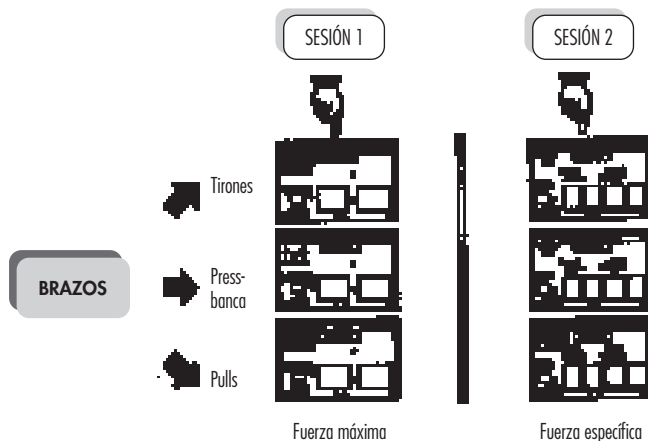


Figura 326. Estructuras de las sesiones de trabajo de los brazos.

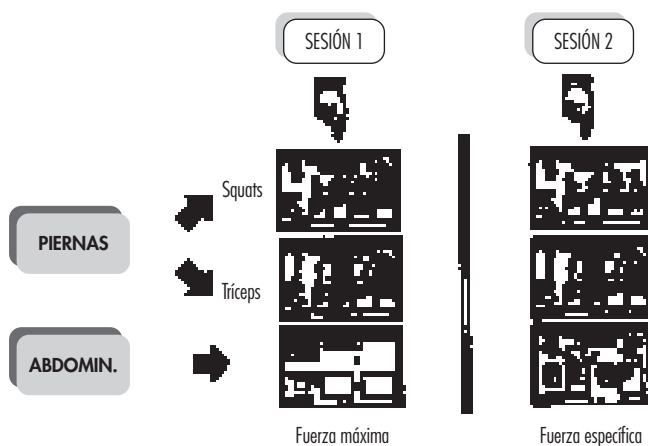


Figura 327. Estructuras de las sesiones de trabajo de las piernas.

Las semanas incluyen dos sesiones, una máxima y una específica, que descomponemos en sesión de "brazos" y sesión de "piernas". Damos para cada ciclo el contenido de la primera semana.

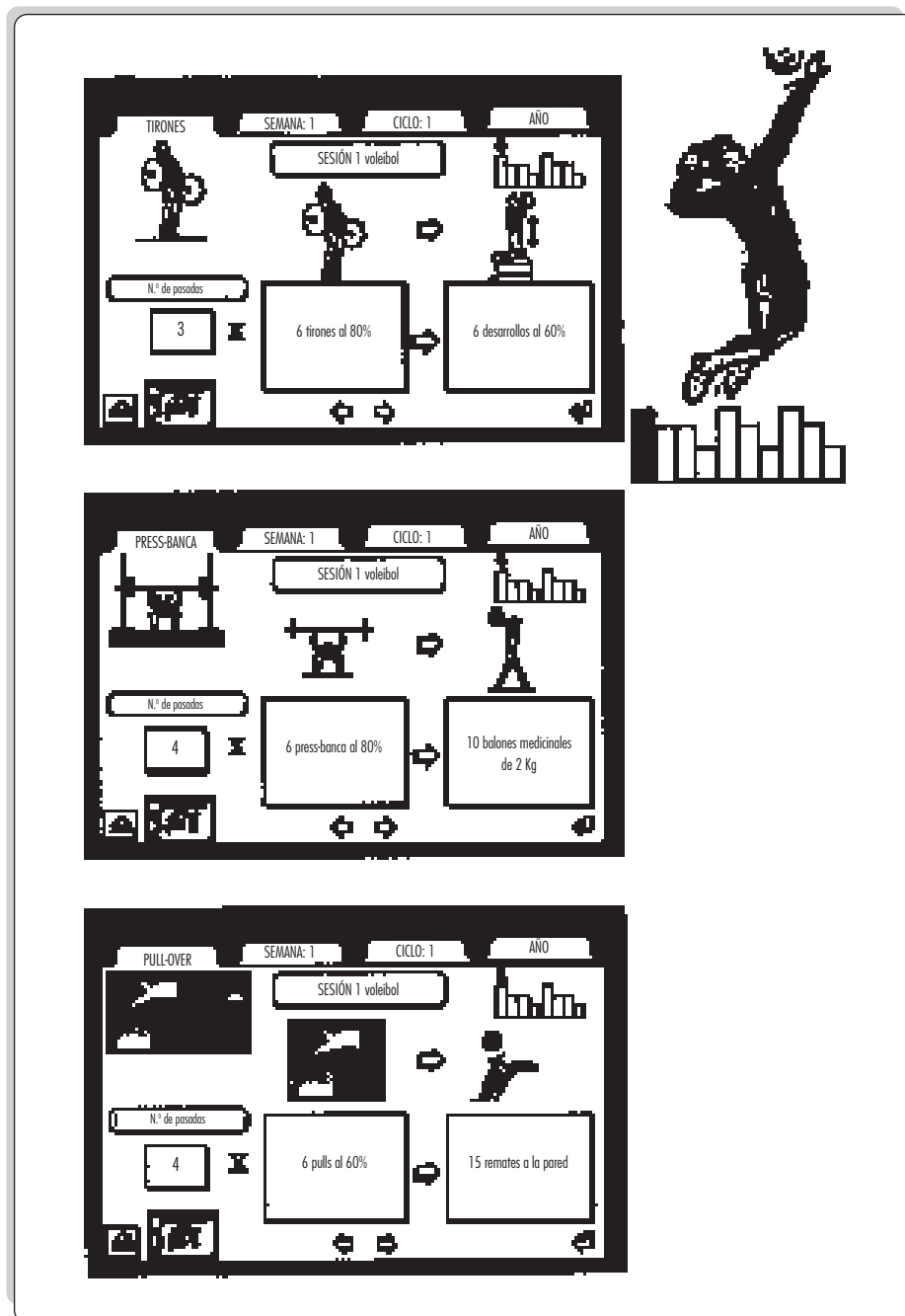


Figura 328. Sesión fuerza máxima para los brazos (1.º ciclo, 1.º semana).

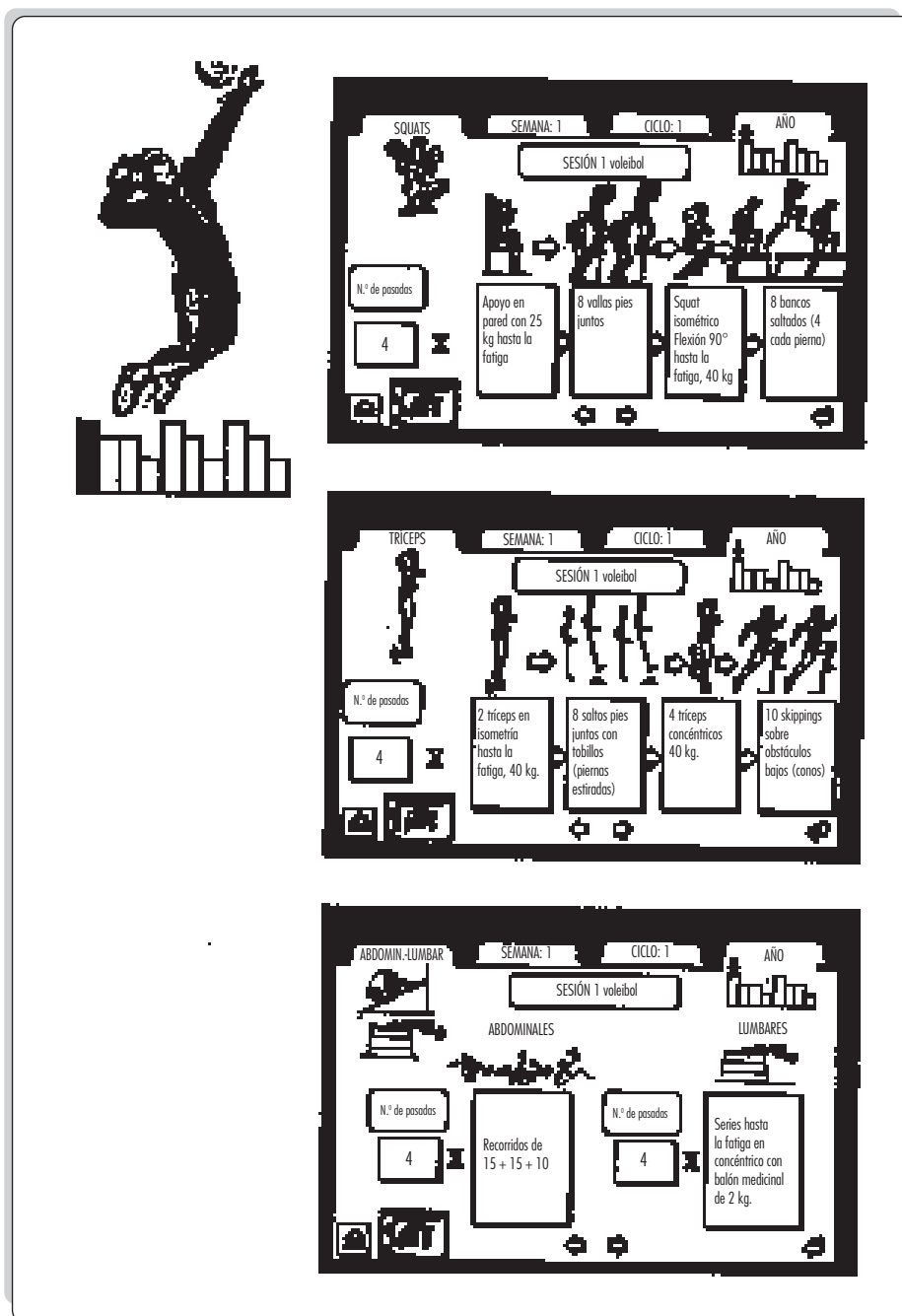


Figura 329. Sesión fuerza máxima para las piernas (1.º ciclo, 1.º semana).

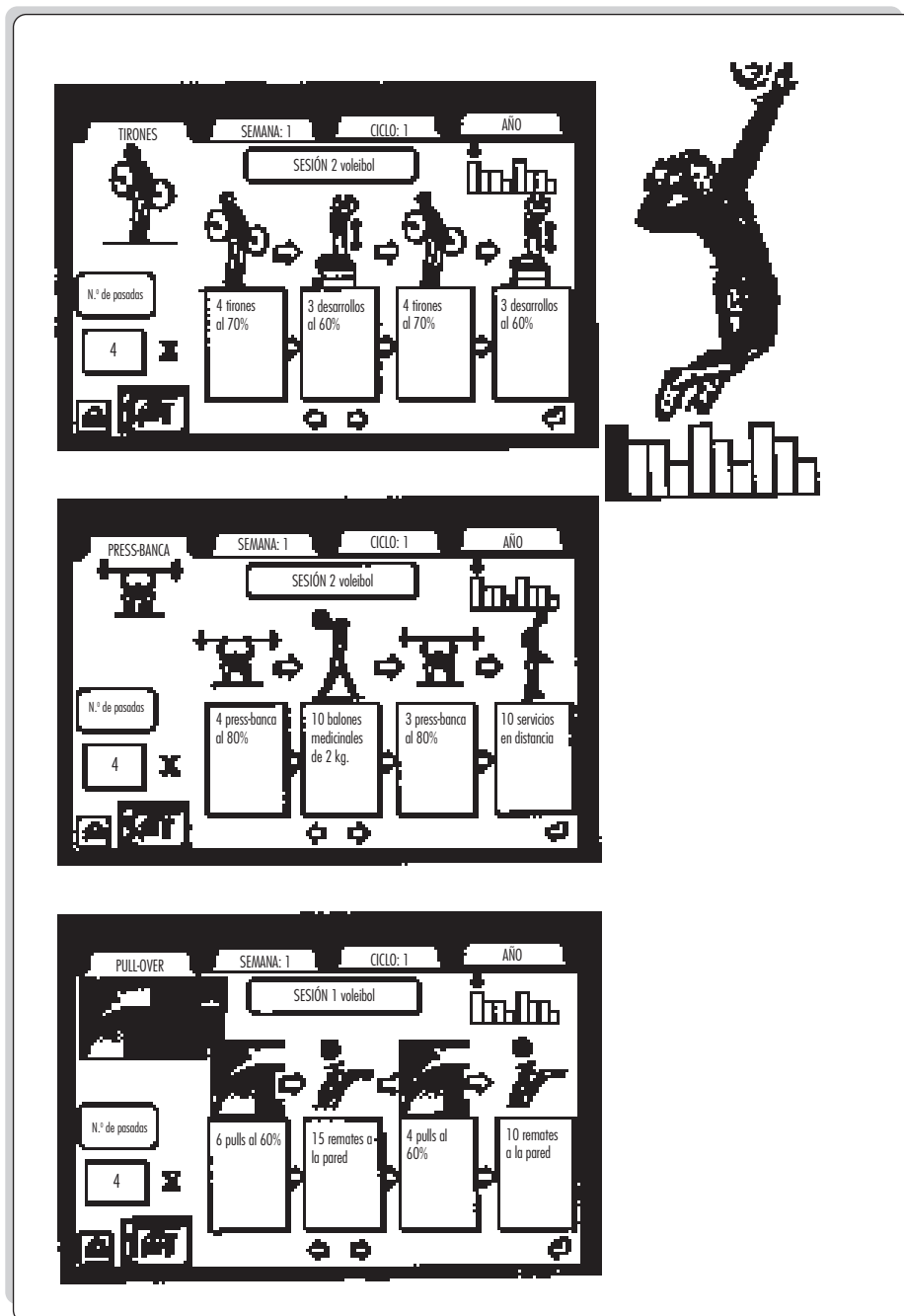


Figura 330. Sesión fuerza específica para los brazos (1.º ciclo, 1.º semana).

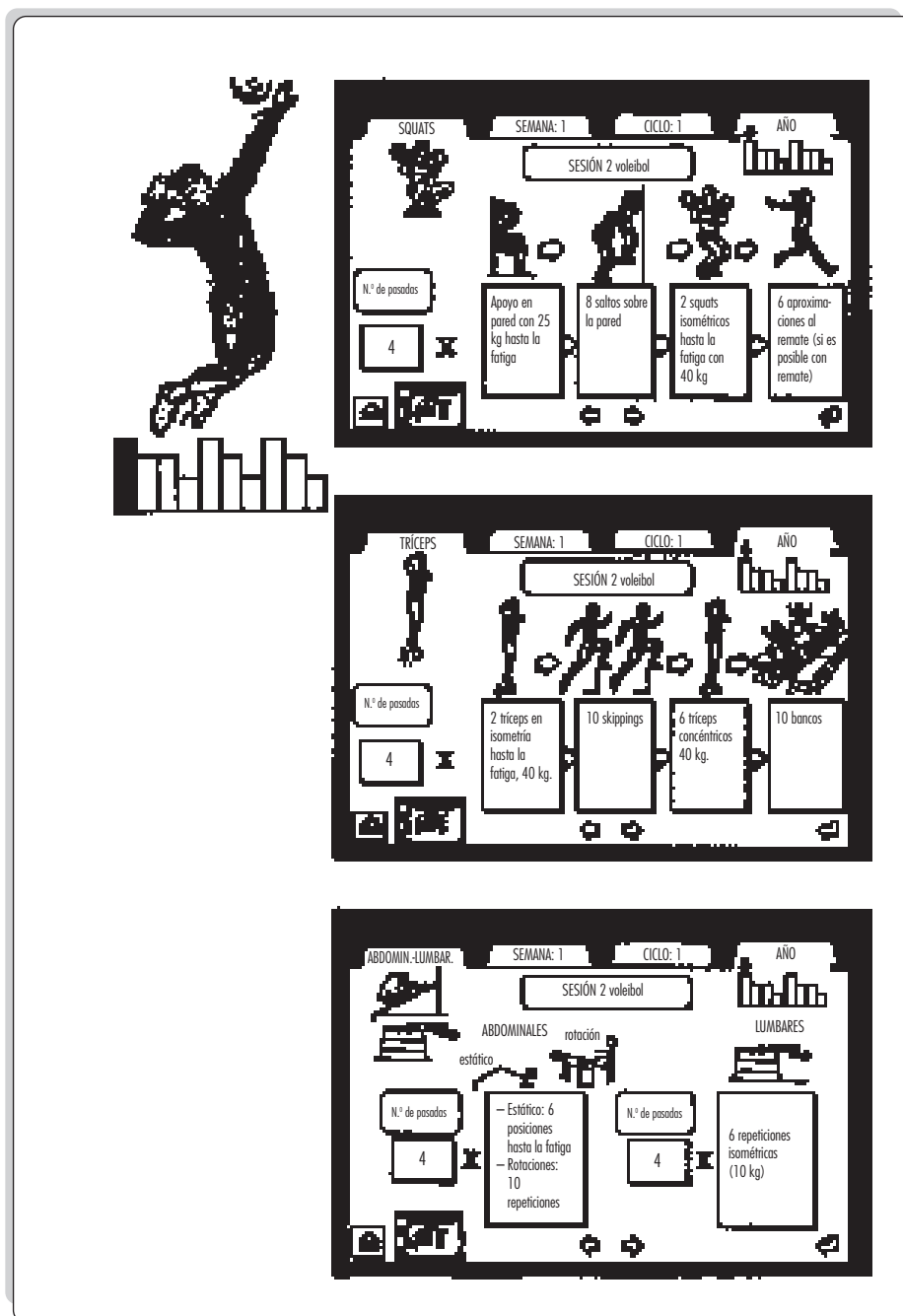


Figura 331. Sesión fuerza específica para las piernas (1.º ciclo, 1.º semana).

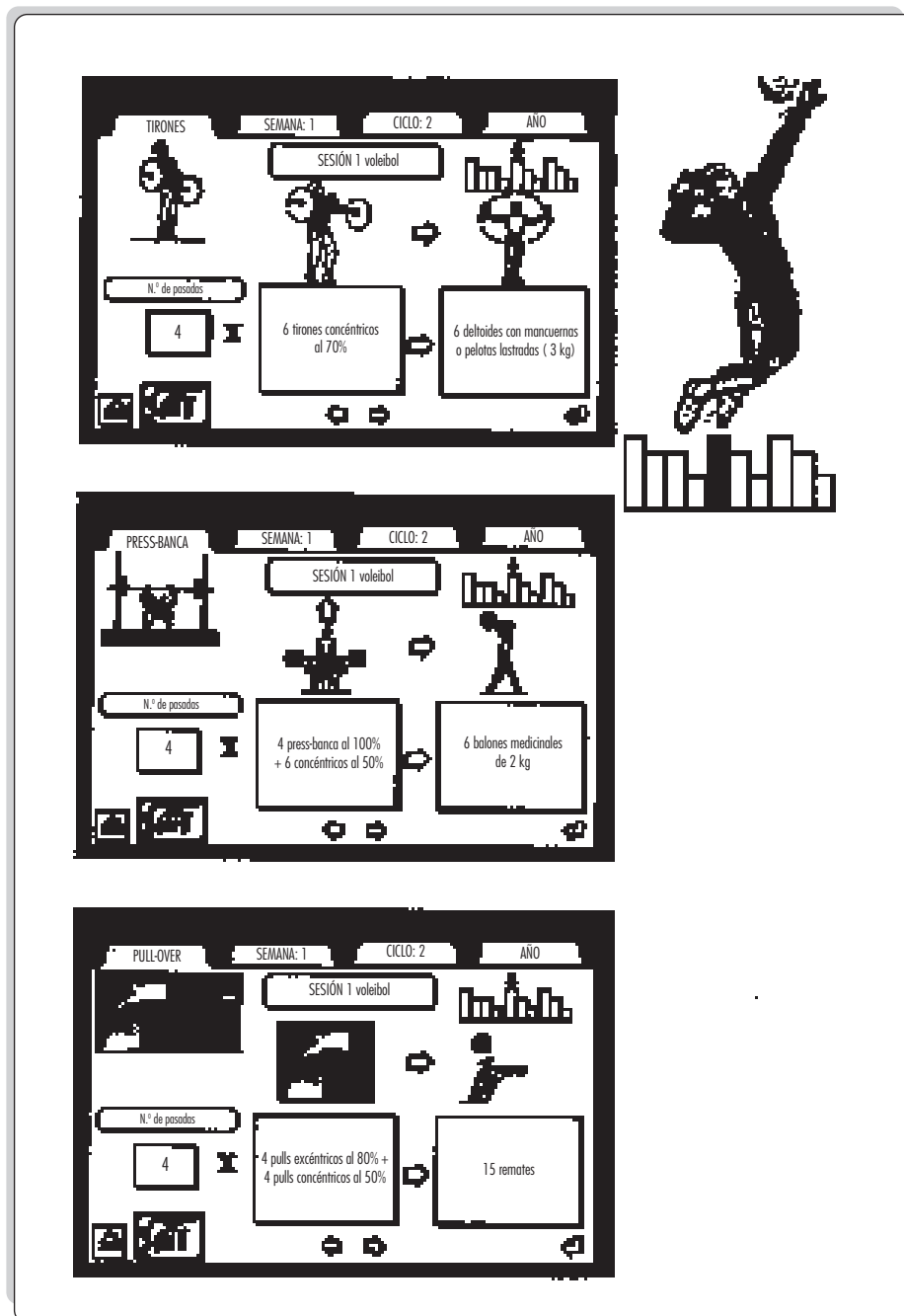


Figura 332. Sesión fuerza máxima para los brazos (2.º ciclo, 1.º semana).

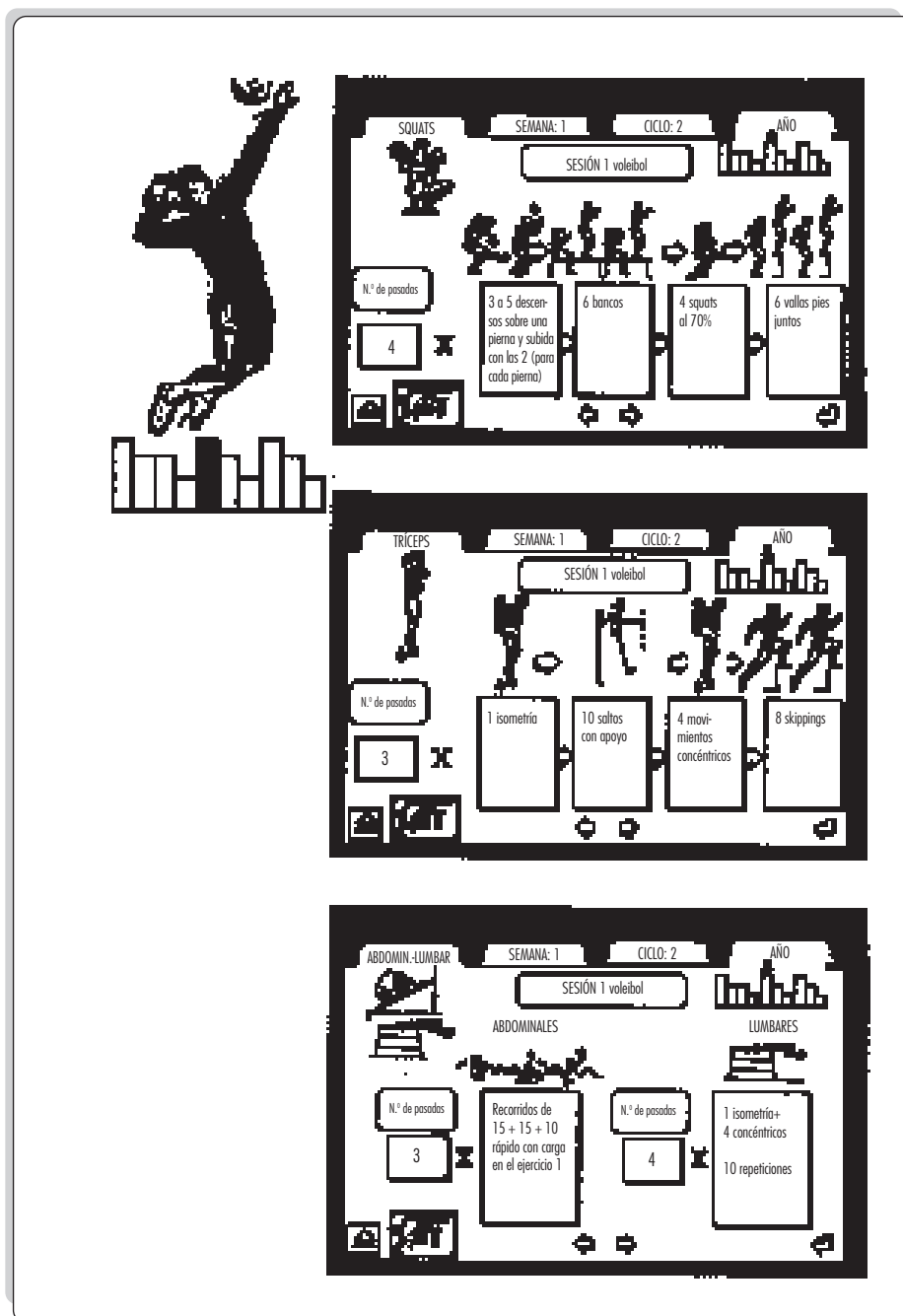


Figura 333. Sesión fuerza máxima para las piernas (2.º ciclo, 1.º semana).

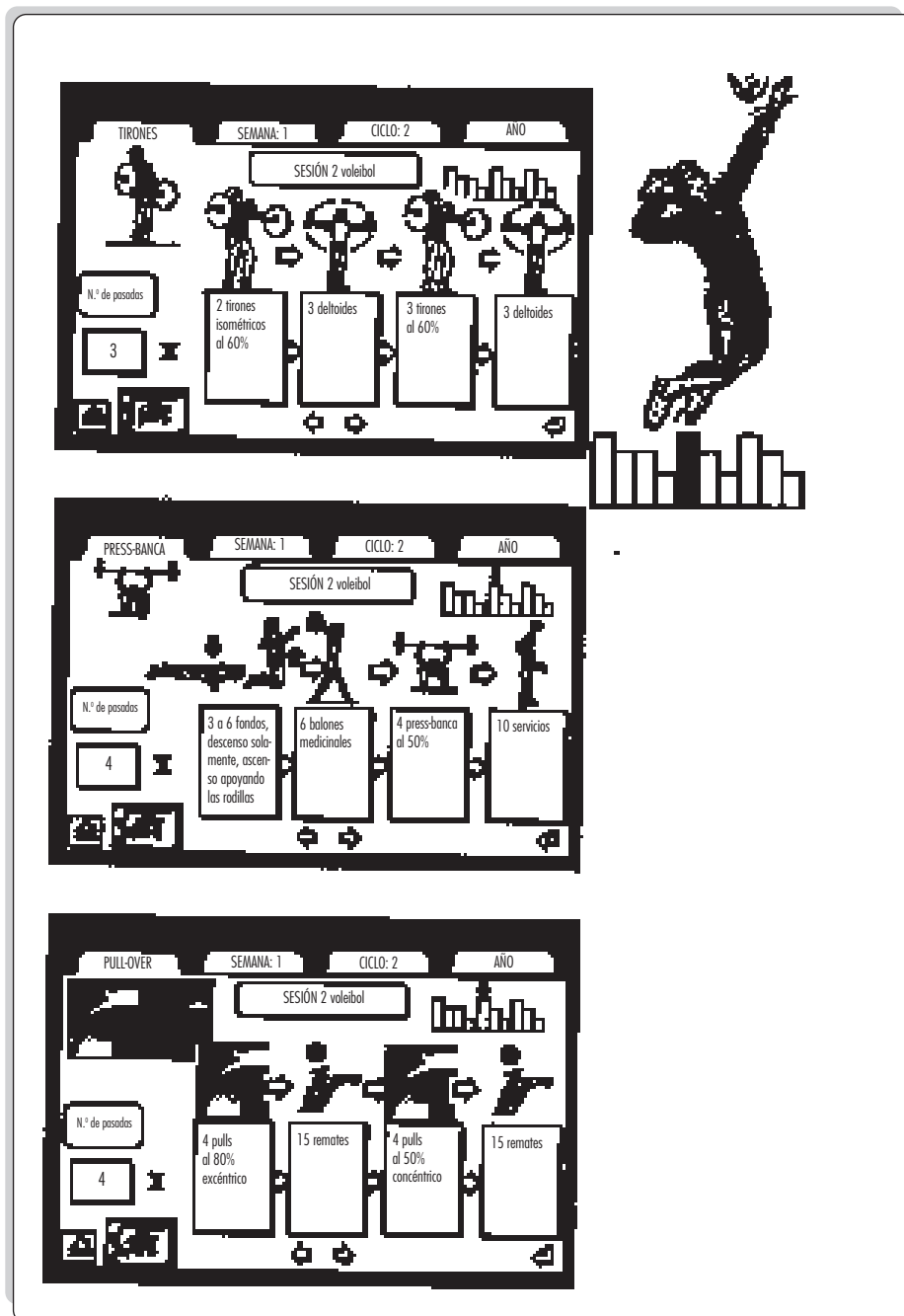


Figura 334. Sesión fuerza específica para los brazos (2.º ciclo, 1.º semana).

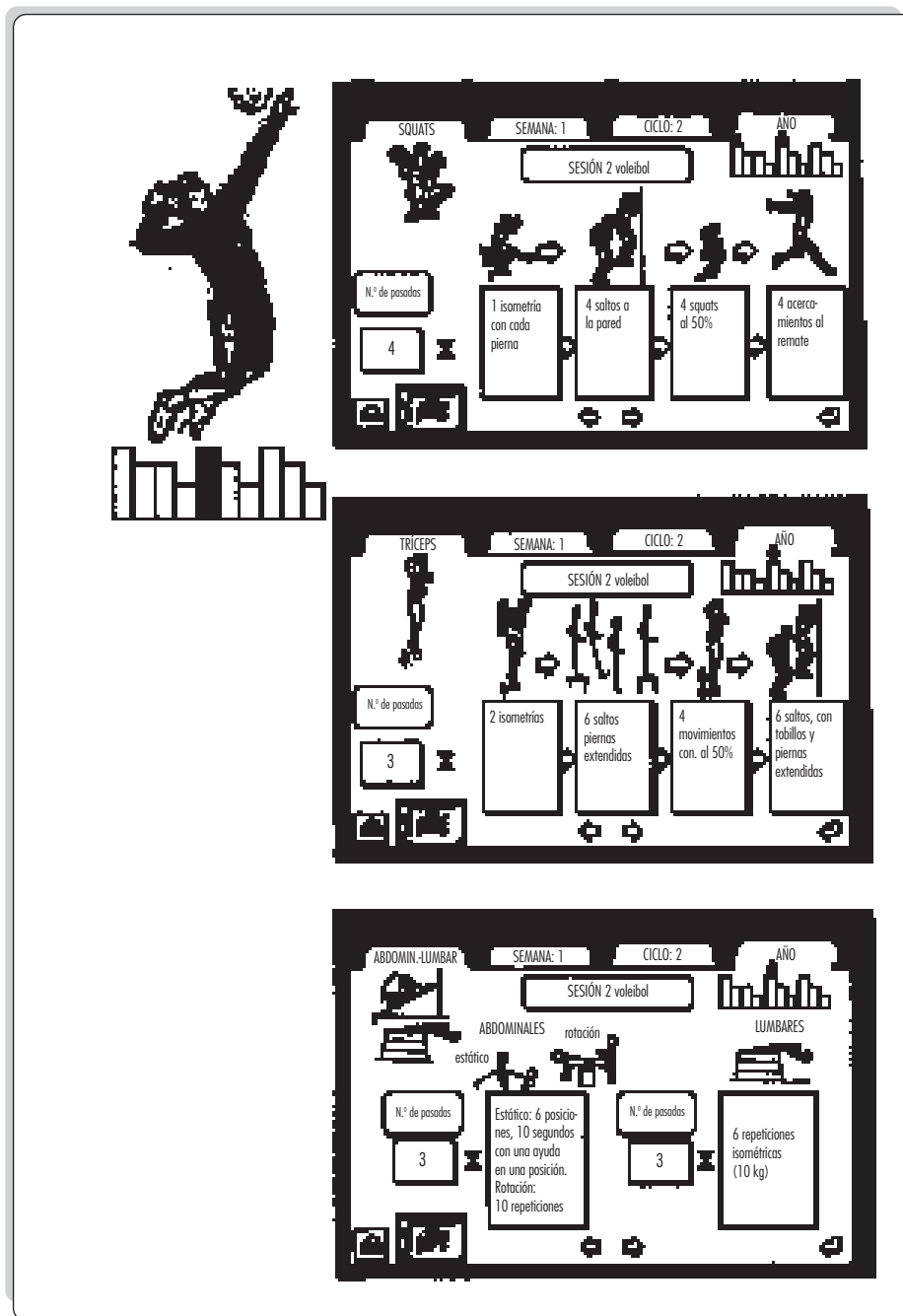


Figura 335. Sesión fuerza específica para las piernas (2.º ciclo, 1.º semana).

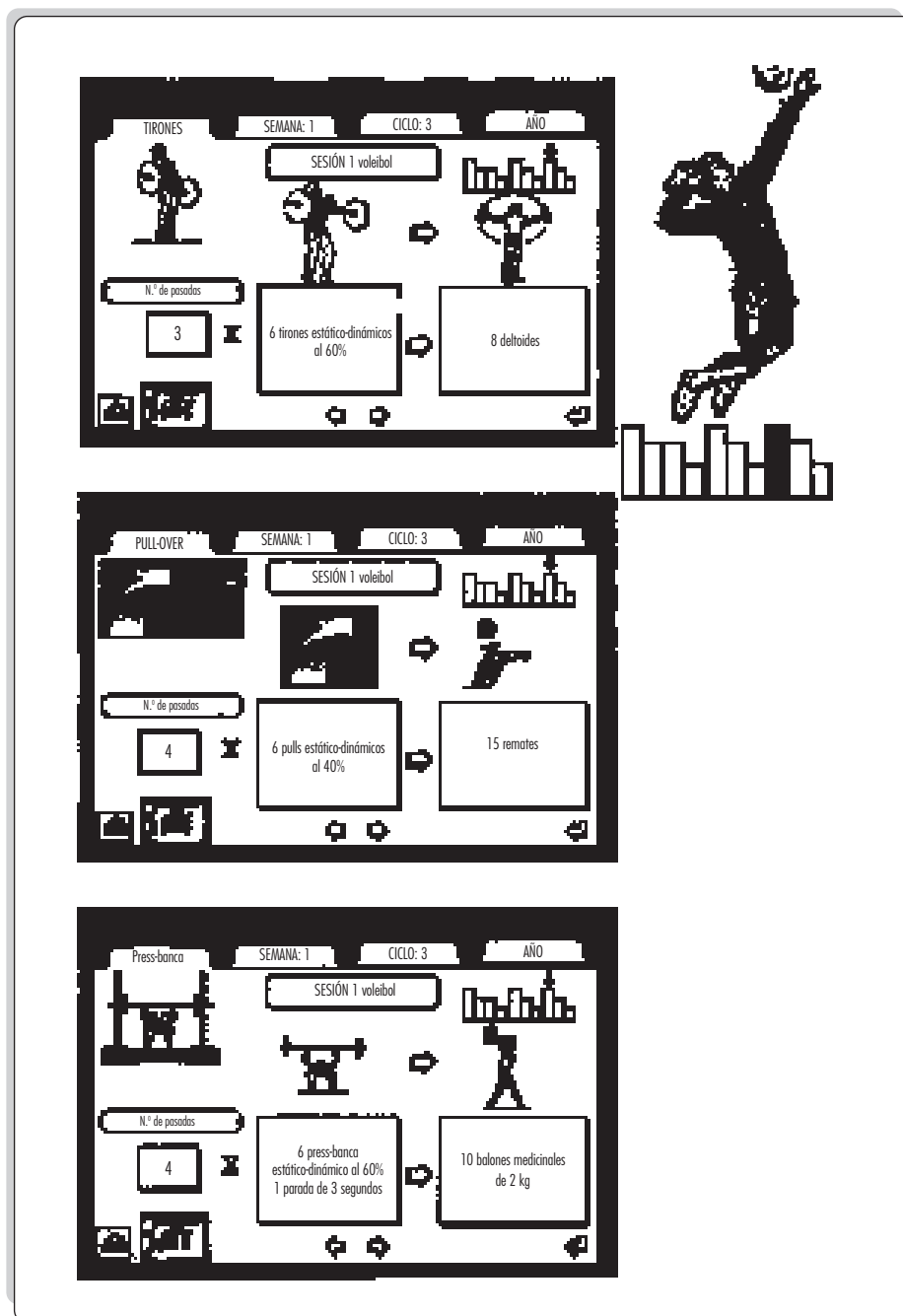


Figura 336. Sesión fuerza máxima para los brazos (3.º ciclo, 1.º semana).

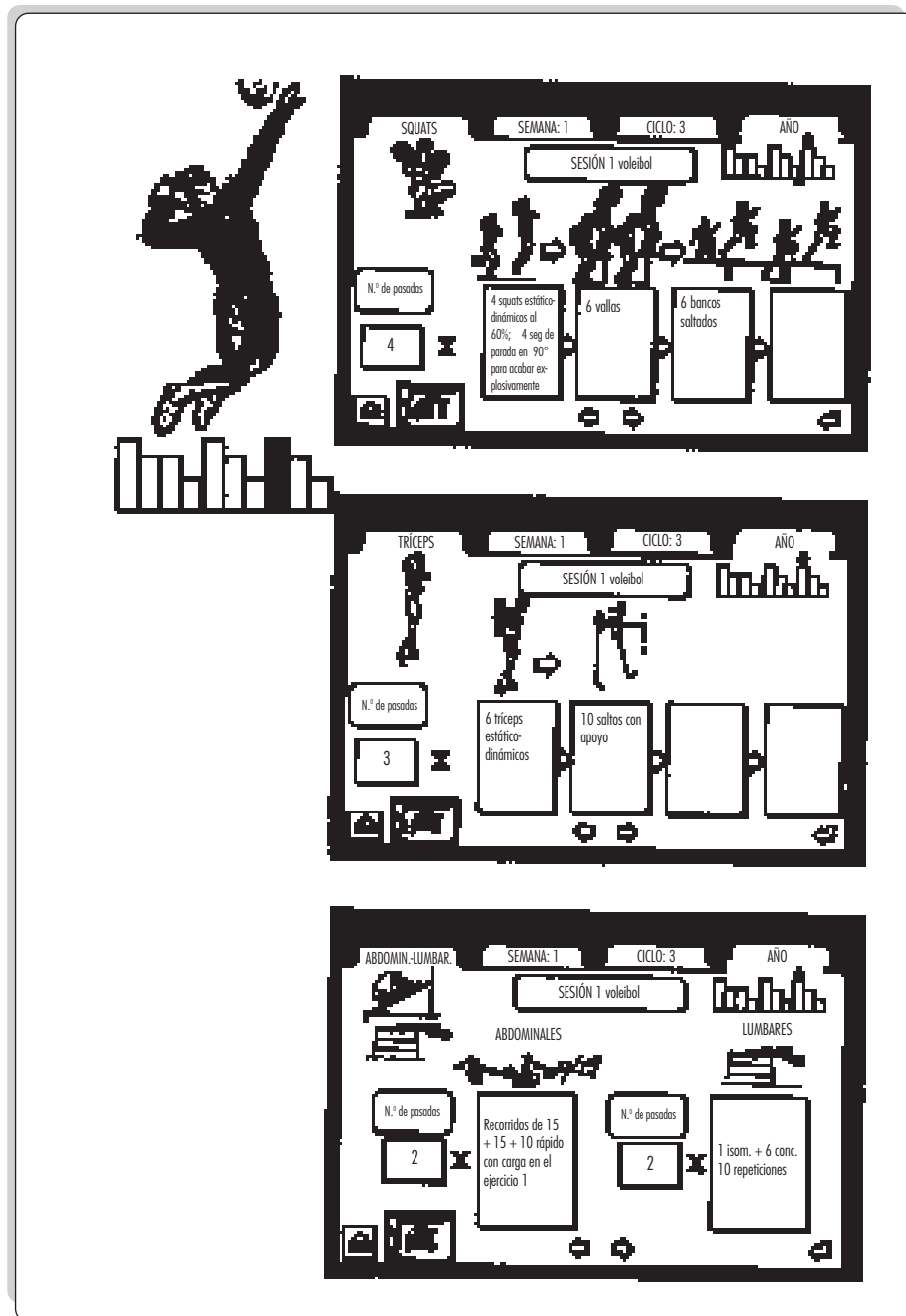


Figura 337. Sesión fuerza máxima para las piernas (3.º ciclo, 1.º semana).

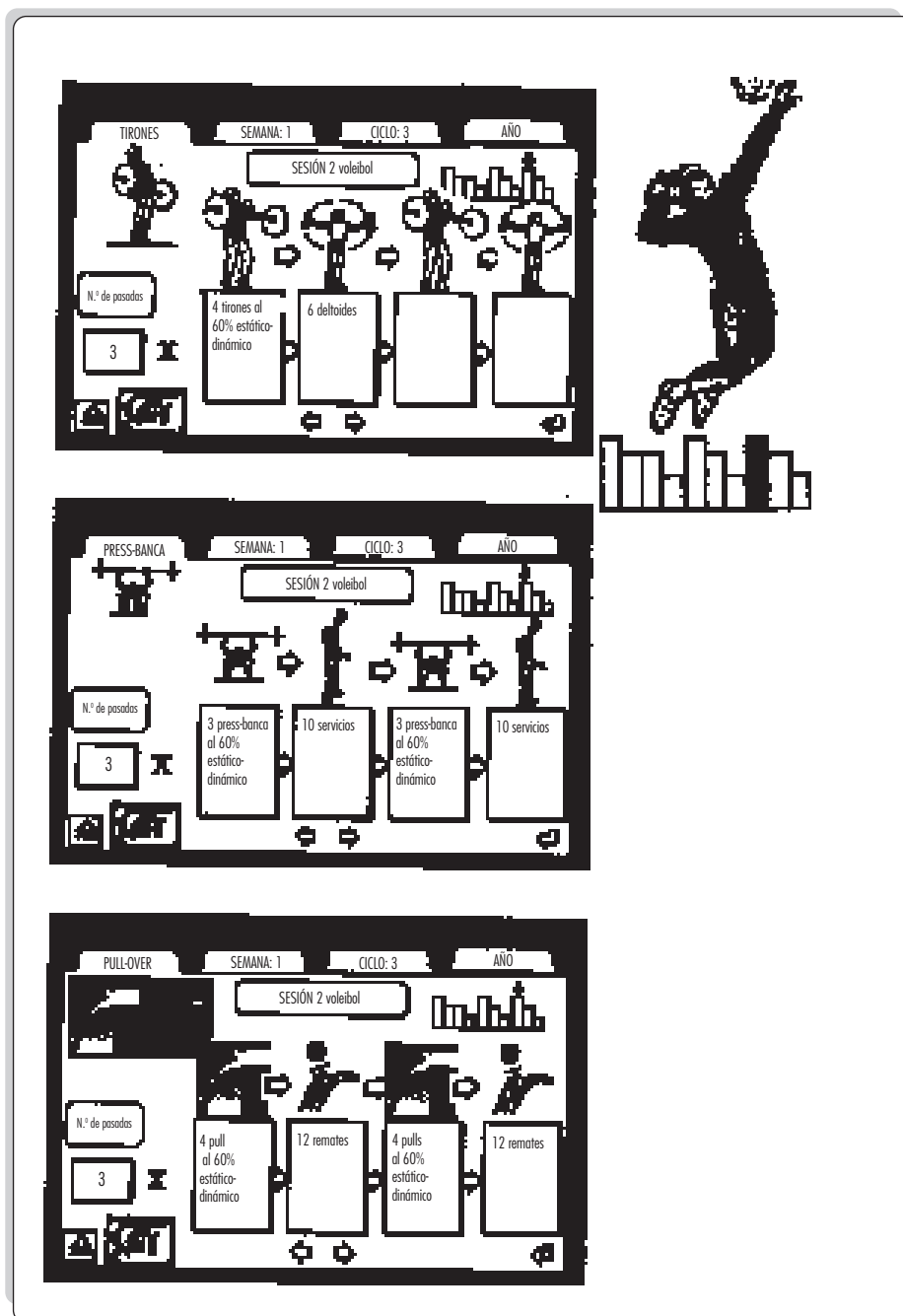


Figura 338. Sesión fuerza específica para los brazos (3.º ciclo, 1.º semana).

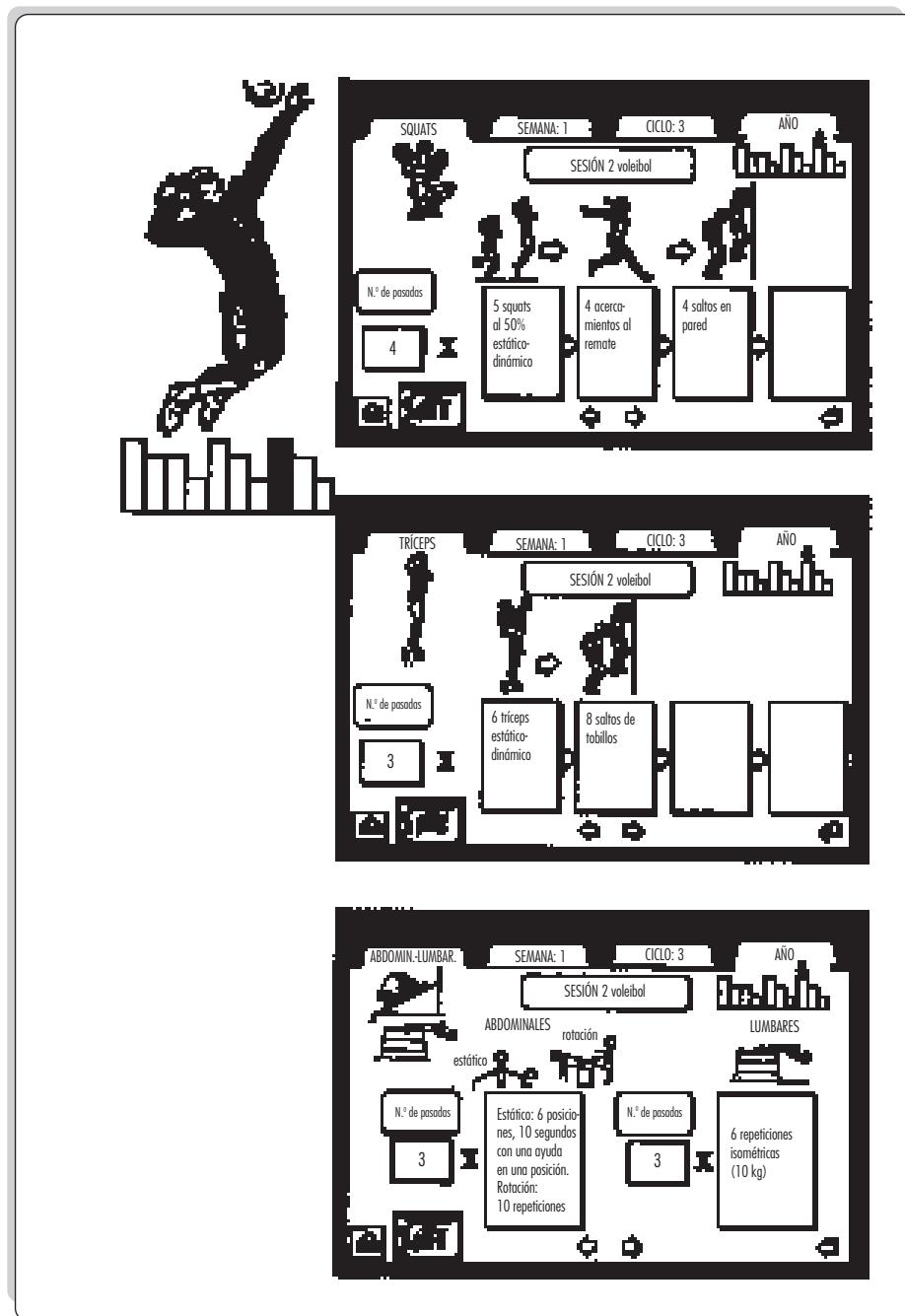


Figura 339. Sesión fuerza específica para las piernas (3.º ciclo, 1.º semana).