

Entrenamiento Muscular Diferenciado

Tronco y Columna Vertebral

Axel Gottlob



Entrenamiento muscular diferenciado

tronco y columna vertebral

Axel Gottlob



España	Argentina	México
<i>Editorial Paidotribo</i> Les Guixeres C/. de la Energía, 19-21 08915 Badalona (España) Tel.: 00 34 93 323 33 11 Fax: 00 34 93 453 50 33 www.paidotribo.com paidotribo@paidotribo.com	<i>Editorial Paidotribo Argentina</i> Adolfo Alsina, 1537 C1088 AAM Buenos Aires (Argentina) Tel.: 00 54 11 4383 64 54 Fax: 00 54 11 4383 64 54 www.paidotribo.com.ar paidotribo.argentina@paidotribo.com	<i>Editorial Paidotribo México</i> Pestalozzi, 843 Col. Del Valle 03100 México D.F. Tel.: 00 52 55 55 23 96 70 Fax: 00 52 55 55 23 96 70 www.paidotribo.com.mx paidotribo.mexico@paidotribo.com

Copyright de la obra original: ©2003 Elsevier GmbH, Urban & Fisher Verlag, München

Título original: *Differenziertes Krafttraining*, 1st ed.

Traducción: Gemma Perramón
Revisión técnica: Antoni Martínez
Diseño de cubierta: Rafael Soria

Autor: Axel Gottlob

© 2008, Editorial Paidotribo
Les Guixeres
C/ de la Energía, 19-21
08915 Badalona (España)
Tel.: 93 323 33 11 - Fax.: 93 453 50 33
<http://www.paidotribo.com>
E-mail: paidotribo@paidotribo.com

Primera edición:
ISBN: 978-84-8019-919-3
Fotocomposición: Bartolomé Sánchez de Haro
bgrafic@bgrafic.es
Impreso en España por Sagrafic

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 público.

A mi padre y a mi hijo Kevin con amor

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

Índice

A	Efectos del entrenamiento muscular diferenciado	1
1	Aumento de la fuerza	2
2	Aumento del perímetro muscular	6
3	Movilidad funcional	10
4	Incremento de la velocidad	10
5	Aumento de la densidad ósea	12
6	Fortalecimiento de los tendones, los ligamentos, las fascias y las estructuras articulares	17
7	Aumento de la estabilidad articular	20
8	Mejora de la postura	21
9	Mejora de las funciones de protección	22
10	Mejora del aporte de nutrientes a las estructuras articulares	23
11	Mejor recuperación después de sufrir lesiones o patologías	24
12	Mejora de la figura	25
13	Mejora del aporte metabólico y energético	28
14	Capilarización	28
15	Mejora de los parámetros cardiovasculares	29
16	Efectos hormonales beneficiosos	30
17	Aumento del rendimiento y de la calidad de vida en personas mayores	31
18	Mejora del desarrollo y de la condición física del niño y el adolescente	36
19	Efectos beneficiosos sobre el metabolismo cerebral y sobre la psique	38
B	Fundamentos	41
1	Definiciones en el cuerpo	41
1.1	Denominación de las direcciones y situación del cuerpo en el espacio	41
1.2	Descripción de los movimientos	42
1.3	Puntos de referencia partiendo de la posición neutra	45

2	Fundamentos físicos	.45
2.1	Fuerza	.45
2.2	Momento de rotación	.48
2.3	Trabajo	.50
2.4	Energía	.51
2.5	Potencia	.52
2.6	Tipos de carga	.52
3	Aspectos preliminares del entrenamiento	.55
3.1	Indicaciones para el entrenamiento	.55
3.2	Determinación de los grupos musculares activos en un ejercicio determinado	.55
3.3	Grado de dificultad de los ejercicios	.62
3.4	Indicaciones para el entrenador	.63
3.5	Material de entrenamiento necesario	.66
3.6	Indicaciones generales sobre posibles riesgos	.67
C	Los doce principios del entrenamiento muscular diferenciado	.71
1	Oferta de ejercicios	.72
1.1	Banco de ejercicios	.72
1.2	Variantes de los ejercicios	.73
1.3	Entrenamiento con máquinas frente a entrenamiento con pesas	.76
1.4	Oferta de ejercicios	.78
2	Resistencia para el entrenamiento	.78
2.1	Tipos de resistencia	.80
2.2	Magnitud de las resistencias	.85
2.3	Desarrollo de la resistencia	.94
3	Amplitud del movimiento	.103
3.1	Estímulos de regeneración de las estructuras pasivas	.103
3.2	Aumento máximo de la fuerza en toda la amplitud del movimiento	.106
3.3	Mejora de la coordinación	.106
3.4	Mejora de la movilidad	.107
3.5	Mejora de la función de protección en las posiciones articulares finales	.108
3.6	Limitaciones de la regla de la ADM articular completa	.109
3.7	Información complementaria: músculos del movimiento	
	- músculos de sostén - entrenamiento isométrico	.110
3.8	Entrenamiento coordinador de la función de estabilización muscular	.112
4	Cómo actuar ante las posiciones forzadas	.113
5	Estabilización corporal	.120
5.1	Tipos de ejercicios	.120

5.2	Principio del flujo de fuerzas y de la dirección de la resistencia . . . . .	.123
6	Simetría de los estímulos de entrenamiento y de las cargas . . . . .	.136
6.1	Estímulos de entrenamiento simétricos para derecha e izquierda . . . . .	.136
6.2	Cargas corporales simétricas . . . . .	.141
7	Velocidad . . . . .	.147
7.1	Cargas corporales con grandes dinámicas . . . . .	.147
7.2	Rapidez del movimiento en el entrenamiento de fuerza . . . . .	.150
7.3	Preparación para cargas muy dinámicas: velocidad . . . . .	.159
8	Sensaciones corporales . . . . .	.165
9	Técnicas de respiración . . . . .	.168
10	Calentamiento y enfriamiento . . . . .	.170
10.1	Calentamiento . . . . .	.170
10.2	Enfriamiento . . . . .	.174
11	Planificación del entrenamiento en el tiempo . . . . .	.175
11.1	Regularidad en el entrenamiento . . . . .	.175
11.2	Entrenamiento progresivo . . . . .	.176
11.3	Estímulos de entrenamiento . . . . .	.177
11.4	Tiempos de regeneración . . . . .	.178
11.5	Ritmo de entrenamiento semanal . . . . .	.180
11.6	Duración de una unidad de entrenamiento . . . . .	.182
11.7	Número de series . . . . .	.183
11.8	Repeticiones . . . . .	.187
11.9	Entrenamiento piramidal . . . . .	.187
11.10	Pausas entre series . . . . .	.187
11.11	Entrenamiento con superseries . . . . .	.188
11.12	Entrenamiento en circuito . . . . .	.188
11.13	Series intensivas . . . . .	.189
11.14	Series negativas . . . . .	.189
12	Organización individual del entrenamiento . . . . .	.189
12.1	Entrenamiento de la fuerza para deportistas de fitness . . . . .	.189
12.2	Entrenamiento de la fuerza para niños y jóvenes . . . . .	.193
12.3	Entrenamiento de la fuerza para personas mayores . . . . .	.200
12.4	Entrenamiento de la fuerza para deportistas de alto rendimiento . . . . .	.203
D	Entrenamiento muscular diferenciado de la región de la columna vertebral y del tronco . . . . .	.205
1	Anatomía . . . . .	.205
2	Biomecánica . . . . .	.211
2.1	Movimiento . . . . .	.211

2.2	Cargas	214
2.3	Estabilización muscular de la columna vertebral	234
3	Entrenamiento de los músculos extensores del tronco	247
3.1	Función y efectos de una musculatura extensora del tronco fuerte	247
3.2	Consideraciones previas para el entrenamiento de los extensores del tronco	251
3.3	Puntos de orientación en el cuerpo y presas auxiliares	256
3.4	Entrenamiento de los extensores del tronco lumbares	258
3.4a	Erector lumbar en bipedestación	258
3.4b	Hiperextensión (horizontal e inclinada)	262
3.4c	Hiperextensión declinada	268
3.4d	Máquina de erectores lumbares	271
3.4e	Máquina <i>Lower-Back</i>	276
3.5	Entrenamiento de los extensores de tronco torácicos	278
3.5a	Erector torácico en bipedestación	278
3.5b	Hiperextensión torácica (horizontal e inclinada)	280
3.5c	Máquina de erectores, implicación torácica	282
3.6	Ejercicios combinados	284
3.6a	Ejercicios de enrollamiento multisegmentario	284
3.6b	Ejercicios de enrollamiento con componente de rotación	286
3.7	Algunos ejercicios críticos	288
4	Entrenamiento de los músculos abdominales	289
4.1	Funciones y efectos de los músculos abdominales	289
4.2	Consideraciones previas para el entrenamiento de los músculos abdominales	295
4.3	Presas auxiliares	316
4.4	Entrenamiento primario de la musculatura abdominal recta	318
4.4a	Flexiones de tronco funcionales en el suelo y sobre un banco	318
4.4b	Ejercicio salam	326
4.4c	Máquina de abdominales	330
4.4d	Flexor abdominal anterior	332
4.4e	Elevación de la pelvis en posición tendida y en suspensión	336
4.4f	Máquina de elevación de la pelvis	341
4.4g	Máquina de abdominales	342
4.5	Entrenamiento de los músculos abdominales laterales a través de diversas cadenas cinéticas	344
4.5a	Flexiones de tronco funcionales con rotación o con inclinación lateral	345
4.5b	Enderezamiento lateral	349
4.5c	Flexor abdominal anterior en posición lateral	353
4.5d	Cadenas cinéticas en el aparato de tracción de poleas	356
4.5e	Elevación oblicua de la pelvis	362

4.5f	Máquina de elevación de la pelvis con posición lateral	366
4.5g	Máquina de rotación de tronco	368
4.5h	Movimiento de rotación libre de la CV	371
4.6	Ejercicios de las cadenas musculares abdominal y flexora de la cadera	375
4.6a	Elevación de piernas funcional	375
4.6b	Levantamientos de tronco funcionales	378
4.7	Algunos ejercicios críticos	380
5	Entrenamiento de la columna vertebral cervical	381
5.1	Anatomía y biomecánica de la CC	381
5.2	Funciones y efectos de los músculos de la CC	388
5.3	Consideraciones previas para el entrenamiento de la CC	392
5.4	Puntos de orientación en el cuerpo	393
5.5	Entrenamiento de los músculos de la CC	396
5.5.1	Ejercicios de extensión de la CC	397
5.5.1a	Ejercicios libres de extensión del cuello	397
5.5.1b	Extensión de la CC en el aparato de tracción de poleas	406
5.5.1c	Máquina de extensión de la CC	409
5.5.2	Ejercicios de flexión de la CC	413
5.5.2a	Ejercicios libres de flexión de la CC	413
5.5.2b	Ejercicios de flexión de la CC en el aparato de tracción de poleas	416
5.5.2c	Máquina de flexión de la CC	418
5.5.3	Ejercicios de inclinación lateral de la CC	421
5.5.3a	Ejercicios libres de flexión lateral de la CC	421
5.5.3b	Flexión lateral de la CC en el aparato de tracción de poleas	424
5.5.3c	Máquina de flexión lateral de la CC	425
5.5.4	Ejercicios de rotación de la CC y ejercicios combinados de la CC	427
5.5.4a	Rotación de la CC con poleas de tracción y con cintas de goma	427
5.5.4b	Máquina de rotación de la CC	430
5.5.4c	Ejercicios combinados de la CC	431
6	Otros ejercicios para la estabilización muscular de la CV	434
6.1	Levantamiento de peso muerto	435
6.2	Tracción de poleas	439
6.3	Entrenamiento de los flexores de la cadera en el péndulo	444
6.4	Prensa de piernas	447
6.5	Sentadillas/squats	449
	Bibliografía	455
	Índice alfabético	463

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

Prefacio

El entrenamiento de la fuerza se debe considerar un deporte clave en las próximas décadas. No existe otro tipo de entrenamiento que permita mejorar al mismo tiempo el bienestar corporal, la forma física, la capacidad para soportar cargas y el rendimiento de una persona de forma tan efectiva.

Los deportistas de alto nivel practican este entrenamiento para aumentar su rendimiento y como prevención de posibles lesiones. Hay muchos millones de deportistas de fitness que ya utilizan los efectos de esta técnica en cuanto a la mejora de su condición física y al modelado del cuerpo. El entrenamiento para la fuerza también ha cosechado importantes éxitos como terapia para paliar muchas patologías y lesiones. **Por otro lado, tampoco parece que exista una limitación de edad para practicarlo, los niños y jóvenes encuentran en él importantes estímulos que les permiten potenciar su desarrollo corporal, pero también los adultos o las personas mayores consiguen mejoras considerables en su calidad de vida y en su capacidad de rendimiento practicando esta técnica.**

El potencial de este tipo de deporte es enorme, pero hasta ahora –con algunas excepciones– sólo se ha puesto en práctica una pequeña parte de las posibilidades que ofrece esta técnica. Las condiciones individuales y los objetivos que se persiguen son muy variados, los mecanismos cinemáticos y de estabilización del ser humano, con 600 músculos y 300 articulaciones, son mucho más complejos de lo que nos aportan algunas recetas simplificadas, puntos de vista basados en dogmas reducidos de algunas escuelas o métodos de medición aislados como, por ejemplo, la EMG. Sólo combinando diferentes puntos de vista de anatomía y de biomecánica, de teoría del entrenamiento y de práctica deportiva, de medicina, de fisioterapia y de deporte de alto rendimiento, obtendremos instrumentos mensurables con los cuales abordar el planteamiento de diferentes objetivos de forma precisa, efectiva, rápida y segura.

Una y otra vez me sorprende ver cómo en muchas publicaciones, investigaciones, conferencias y también en la práctica cotidiana se presentan, valoran y aplican los diferentes ejercicios de entrenamiento muscular de forma indiferenciada. Muchos de los ejercicios así propuestos presentan, entre otros aspectos, posiciones corporales incorrectas, resistencias inadecuadas, cargas demasiado importantes para las articulaciones, amplitudes del movimiento demasiado pequeñas, asimetrías, posiciones forzadas y un escaso desarrollo de la fuerza, ofreciendo así resultados muy inferiores a los perseguidos.

Este libro me ha brindado la ocasión de proporcionar a profesores, fisioterapeutas y entrenadores profesionales instrumentos de valoración precisos, estrategias y ejercicios que les permitan aprovechar todo el potencial que nos ofrece el entrenamiento de la fuerza.

El lector encontrará, además de múltiples variaciones diferenciadas de los ejercicios, nuevos instrumentos, especialmente **los 12 principios del “entrenamiento de la fuerza”**, con los que no solamente se aprovechan al máximo las posibilidades que nos ofrece el entrenamiento de la fuerza, sino que además se aumenta claramente su efectividad. El libro proporciona la base teórica que tanto necesita el usuario profesional y prioriza como puntos clave los aspectos funcionales de forma que la información también sea accesible lo más rápidamente posible para el lector en diferentes situaciones. Les deseo a todos los practicantes que tengan mucho éxito usando este método de forma que puedan ayudar a muchas personas a sacar provecho de los efectos obtenidos con el entrenamiento muscular diferenciado.

Axel Gottlob

Agradecimientos

En primer lugar me gustaría mencionar a mi padre, Peter Gottlob, que ya me llevaba a practicar entrenamiento muscular desde mi infancia. En sus salas de fitness –él abrió el primero en 1959 en Stuttgart– aprendí desde la base todo el trabajo que hay que hacer en un centro de este tipo; él me acompañó en el deporte de alta competición hasta conseguir el título de campeón nacional en Alemania, y juntos construimos, desarrollamos y comercializamos durante muchos años máquinas de entrenamiento profesional. Además del enorme agradecimiento que le tengo por su incalculable experiencia, siento un enorme respeto por él, ya que hombres como mi padre han trabajado en el entrenamiento de fitness durante años de forma sistemática, teniendo que probar constantemente los beneficios de ésta técnica, en unos tiempos en los que el entrenamiento de la fuerza debía luchar contra numerosos prejuicios y la entrada en un centro de fitness era más bien motivo de burla.

El mismo agradecimiento debo expresar a muchos de los participantes de mis seminarios, estudiantes y deportistas, que han motivado también la creación de este libro; igualmente agradezco algunas preguntas críticas que me han hecho reflexionar y examinar de nuevo algunos conceptos.

Todos los alumnos y deportistas que fueron sometidos a las diferentes series de medición, tests y estudios a largo plazo han contribuido en gran parte al desarrollo de los principios del “entrenamiento muscular diferenciado”. En los trabajos de investigación, el estudiante Daniel Bukac ha efectuado una gran parte del trabajo y debo agradecer a Helmut Müller, del punto de soporte olímpico Rhein/Neckar, la posibilidad de intercambiar opiniones y experiencias sobre el deporte de alto rendimiento. A la hora de establecer modelos de cálculo fue de gran ayuda la colaboración del Prof. Dr. Gert Ingold de la Universidad de Augsburg, así como la de Peter Knebel del Instituto de las ciencias del Deporte de la Universidad de Heidelberg; a todos ellos, muchas gracias por la motivación y las sugerencias hechas sobre los diferentes trabajos realizados para este libro, de gran amplitud. ¡Estimado Peter, tenías razón!

Las numerosas fotos digitales de entrenamientos fueron realizadas con gran implicación profesional por Ernst Zimmerer de Frankfurt. Como modelos y con gran motivación han trabajado especialmente Martina Arnold, Jörg Kunisch y Oleg Becher, pero también hicieron su contribución la campeona mundial Claudia Mühlhaus, Gert Hechtfischer, Sabrina Pons y Brigitte Krzymyczek. Las fotos se han tomado en seis lugares diferentes: Instituto de las Ciencias de Deporte de la Universidad de Heidelberg; Centro de soporte olímpico de Rhein/Neckar; Centro deportivo Treiber,

Walldorf; Parque de fitness Pfitzenmeier, Mannheim; Get Fit, Eppenheim y Swiss Training, Darmstadt. Mi más cordial agradecimiento a todas estas instituciones, tanto por el uso de sus instalaciones como por la paciencia que han tenido durante la realización de las fotos.

También quiero expresar mi agradecimiento a Benno Dahmen, el editor de la revista especializada SPORT & FITNESS, por haber autorizado la reproducción de algunas imágenes importantes. Igualmente importantes han sido las imágenes de Paul Nobbe, Heinz Vierthaler, Norbert Rühl, Wolfgang Haller y Jürgen Hauber. Finalmente, también contribuyeron con imágenes propias las empresas de aparatos Gym 80, Gelsenkirchen y Galaxy Sport.

Para la transformación de mis esbozos en dibujos profesionales debo dar mis más efusivas gracias al Sr. Stephan Spitzer, y finalmente quiero expresar mi agradecimiento al Sr. Detlef Mädje de la empresa editora por la buena coordinación realizada en este trabajo.

Para todas las personas que han ayudado en este proyecto –también a las no nombradas– mi agradecimiento cordial.



A. Efectos del entrenamiento muscular diferenciado

¿Qué es la fuerza? Toda fuerza tiene un efecto. Las fuerzas mecánicas, por ej., pueden mover objetos, acelerar, frenar, deformar elásticamente, deformar plásticamente, girar, traccionar, empujar, presionar, rotar o torcer, y otras fuerzas, como la fuerza de la gravedad, compensan. La fuerza corporal que aquí nos ocupa, la producida por el movimiento muscular, nos permite sostener objetos, moverlos o cambiar su forma así como producir trabajo y rendimiento y superar resistencias. La fuerza corporal se expresa de muchas formas.

Pero aquí viene la **mala noticia**: la fuerza no existe de forma incondicional, sino que se debe trabajar, empezar cada día de nuevo. Si perdemos fuerza disminuyen un poco todas las funciones corporales, se reduce la capacidad de rendimiento corporal y la libertad de movimientos del cuerpo y aumenta la propensión a padecer procesos degenerativos, así como la influencia de los factores externos, disminuyendo la calidad de vida ¡paso a paso!

La **buena noticia** es que la fuerza se puede entrenar para cualquier persona móvil, de cualquier edad, de cualquier constitución. La fuerza corporal crece con la resistencia. Si la resistencia es suficiente, hablamos de entrenamiento muscular. Si una persona tiene más fuer-

za, podrá mover cuerpos más pesados, acelerar masas más altas, superar resistencias corrientes más altas, continuar estirando cuerpos elásticos y producir momentos de giro mayores. Cuando corra se elevará del suelo con más facilidad y se moverá en general de forma más ligera, mejor, más rápida, más elegante y más segura. Es necesario disponer de más fuerza corporal para generar más trabajo y tener un mayor rendimiento, con el fin de ser más rápidos, más explosivos, pero también más resistentes. La fuerza nos permite hacer cualquier actividad corporal con más facilidad, nos ofrece la base ideal para la práctica de cualquier deporte, para una vida activa y para alcanzar una calidad de vida alta. Naturalmente, la fuerza no lo es todo, ¡pero sin fuerza muchas cosas no son posibles!

El entrenamiento de la fuerza —es decir, la confrontación con resistencias suficientes— nos ofrece muchísimo más. (ver Tabla A-1).

Para conseguir estos efectos fundamentales es necesario proceder de forma diferenciada. Para conseguir verdaderos éxitos usted mismo y sus alumnos en un tiempo razonable y de forma segura, debe tener una comprensión precisa y diversos instrumentos de valoración de tipo biomecánico, de métodos de entre-

namiento, neuromusculares y de ejercicios de cinemática. De forma abreviada: usted necesita un **entrenamiento muscular diferenciado**. En función del objetivo que persiga y de su constitución –desde las personas que se encuentran en proceso de rehabilitación hasta los deportistas de competición, para personas jóvenes y mayores, para corregir posibles trastornos corporales, para conseguir desde una meta “general” de un programa de fitness hasta el planteamiento de un entrenamiento especializado para deportistas de cualquier disciplina– con esta técnica usted puede ofrecer verdaderas soluciones y materializarlas a través de sus entrenamientos. En el capítulo C están descritos detalladamente los instrumentos de valoración que necesita de la mano de 12 Principios de Entrenamiento de la Fuerza (EF), en el capítulo D se explica el cómo aplicar los ejercicios diferenciados para la columna vertebral. Para obtener resultados sólidos, seguros y rápidos, no es suficiente evitar los procedimientos incorrectos, lo que es realmente efectivo es hacer correctamente lo que es decisivo. Pero primero debo invitarle a conocer los mencionados efectos del entrenamiento muscular diferenciado más profundamente.

1 AUMENTO DE LA FUERZA

Si lleva a cabo un entrenamiento muscular, cualquier persona móvil puede aumentar considerablemente su fuerza

corporal: una persona de 40 años, una de 97 o incluso un niño pequeño. Desde el momento en que dejamos el vientre materno, empieza la confrontación con importantes resistencias. Primero debemos adquirir la fuerza suficiente para levantar nuestra propia cabeza, después

Tabla A-1 Algunos efectos importantes del entrenamiento muscular diferenciado (Gottlob 1998)

Efectos del entrenamiento muscular diferenciado
1. Aumento de la fuerza
2. Aumento del perímetro muscular
3. Movilidad funcional
4. Incremento de la velocidad
5. Aumento de la densidad ósea
6. Fortalecimiento de los tendones, ligamentos, fascias y estructuras articulares
7. Aumento de la estabilidad articular
8. Mejora de la postura
9. Mejora de las funciones de protección
10. Mejora del aporte de nutrientes a las estructuras articulares
11. Mejor recuperación después de sufrir lesiones o patologías
12. Mejora de la figura
13. Mejora del aporte metabólico y energético
14. Capilarización
15. Mejora de los parámetros cardiovasculares
16. Efectos hormonales beneficiosos
17. Aumento del rendimiento y de la calidad de vida en personas mayores
18. Mejora del desarrollo y del rendimiento en el niño y en el adolescente
19. Efectos beneficiosos sobre el metabolismo cerebral y sobre la psique

la que nos permita levantar todo el cuerpo con el fin de aprender a caminar. Pero además debemos ganar velocidad: es posible mover objetos y lanzarlos, podemos saltar, trepar, subirnos a una silla, correr. Además, al peso de nuestro propio cuerpo se suma ahora el peso de los de nuestra edad, que nos empujan y con los que nos peleamos. Dominan los procesos de adquisición de fuerza y de coordinación. El niño crece cada vez más y con ello aumenta no sólo su masa esquelética absoluta, sino también la relativa, que pasa a ser de un 20% en el momento del nacimiento a un 40% del peso corporal adulto (ver efectos en los niños en el cap. A 18).

Hasta aquí todo muy bien, pero a más tardar en la vida adulta, las resistencias desaparecen progresivamente; es nuestra contribución a la cómoda vida moderna. El precio que por ello pagamos es el déficit de estimulación corporal, con todas las consecuencias de pérdida de condición física que esto conlleva, ya expresadas en la Tabla A-1. Los valores de fuerza medios en nuestra sociedad (exceptuando los de quienes practican deporte o los de deportistas de competición) no habían sido nunca tan bajos en todo el desarrollo de la humanidad como lo son en la actualidad. Éste es un hecho que todos podemos cambiar; ello depende sólo de nosotros.

Supongamos que se trata de un principiante –no importa su edad ni su sexo– que jamás haya efectuado entrenamiento muscular. En el espacio de 12 a 16 semanas de entrenamiento muscular regular a

razón de 3 veces por semana, puede conseguir un incremento real de la fuerza del 20% al 50% en función de su constitución corporal y del estado de las articulaciones (por ej. McCall, Cureton). Cuanto más entrenado esté el principiante, o si es una persona que requiere fuerza corporal en su trabajo, menor será el incremento del porcentaje de fuerza. Pero la fuerza puede seguir aumentando durante un largo período de tiempo de forma continua. En este sentido, McCall realizó investigaciones con personas que ya estaban entrenando, con las que, tras un entrenamiento muscular intensivo de 12



Figura A-1 Los niños buscan automáticamente estímulos para el entrenamiento de la fuerza, (Foto: Gottlob).

semanas, todavía obtuvo un aumento de la fuerza del 25% como media (McCall).

Cualquier principiante que se someta a un entrenamiento muscular intensivo durante un período de 1 a 2 años puede **doblar su fuerza corporal** en todas las articulaciones, sin necesidad de convertirse en un deportista de competición (Gottlob 1990).

De forma individual los valores de fuerza se pueden multiplicar por 5 o por 7, como lo demuestran los espectaculares récords mundiales en *powerlifting* (levantamiento de potencia) y en *halterofilia* (levantamiento de pesos) (ver tablas A-2 y A-3).



Figura A-2 Entrenamiento muscular de una persona con edad avanzada.

Se puede entrenar la fuerza de todos los músculos, y por tanto de todas las articulaciones y de todas las partes del cuerpo. Podemos aumentar la fuerza del tobillo de la misma forma que la de la columna cervical, o la fuerza de las piernas como la de los músculos abdominales. Podemos ganar fuerza en la realización de un movimiento aislado de la misma forma que lo podemos hacer en una secuencia de movimiento que requiera mucha coordinación. La fuerza se puede especializar en movimientos de resistencia o en movimientos explosivos rápidos. Se puede entrenar para efectuar una o diez dominadas, o sesenta. Puede usted aumentar la fuerza de forma que logre subir una pared llevando a su hijo a cuestras. Se puede especializar en subir con una mano o, como lo ha hecho uno de los grandes escaladores mundiales, *Wolfgang Gullig*, especializarse en dominadas con un dedo ¡Él las hacía con el dedo meñique de la mano derecha!

También se puede concentrar en otros ejercicios de fortalecimiento de la mano, como lo hizo *Leon See*, quien demostró la gran fuerza que tenían sus manos partiendo por la mitad un montón de 80 cartas de una baraja. ¡No está mal para una persona de 72 años!

La fuerza de las piernas es necesaria para muchas cosas. La práctica de sentadillas desempeña aquí un papel muy importante. Se puede entrenar flexionando el peso del propio cuerpo o incluso superando el doble del peso corporal, o hacer como *Paul Anderson*: a los años 50 efectuaba el entrenamiento muscular con

unos medios algo primitivos. Sus halteras de sentadilla consistían en dos barri-les unidos por una barra, con los que modificaba el peso llenándolos más o menos. A pesar de sus métodos, ganó la medalla de oro en levantamiento de pesos en 1956 y conserva el espectacular récord de 540 kg de levantamiento de peso en sentadilla, éste ha sido hasta la actualidad el mayor peso levantado en esta disciplina (dado que su actuación no estuvo sometida al reglamento del powerlifting, no se registró su récord de forma oficial).

Finalmente, usted también puede convertirse en una persona fuerte, aunque piense que es demasiado mayor para hacerlo. Justo este momento es cuando es más interesante, porque lo que podrá

conseguir en esta edad con el entrena-miento muscular es realmente impresio-nante (ver cap. A 17). Deportistas que han competido con edades avanzadas han demostrado que pueden obtener muy buenos resultados no sólo en resistencia, como el atleta *Friedrich Tempel*, que superó la distancia de una maratón con un tiempo de 3h 26' (Israel), sino tam-bién en fuerza. Impresionantes pruebas de ello son los casos del sueco *Lars-Olof Augustsson*, que a la edad de 50 años y con sólo 82 kg de peso, superó la senta-dilla con 300 kg, o el de *Rosemarie Beer*, quien pasados los 50 (clase de hasta 75 kg) superó los 105 kg de press de banca. Entre los de más de 60 años encontramos a *Karl-Heiz Grabosch*, quien superó los 270 kg en la categoría

Tabla A-2 Algunos de los récords establecidos por hombres en powerlifting y halterofilia. Octubre 2000

Disciplina	Mejor marca (categoría)	Atleta
Sentadilla	379,5 kg (hasta 82,5 kg) 457,5 kg (más de 125 kg)	Mike Bridges (USA) Shane Hamman (USA)
Press de banca	218 kg (hasta 75 kg) 322,5 kg (más de 125 kg)	Larry Miller (USA) James Henderson (USA)
Peso muerto	337,5 kg (hasta 75 kg) 406 Kg (más de 125 Kg)	Lars Norén (Suecia) Dan Austin (USA)
Arrancada	170,5 kg (hasta 77 kg) 212,5 kg (más de 105 kg)	K. Kyapanaktsyan (Armenia) Hossein Rezazadeh (Iran)
Dos tiempos	207,5 kg (hasta 77 kg) 262,5 kg (más de 105 kg)	Zlatan Vassilev Vanev (Bulgaria) Andrei Bhemerkín (Rusia)

hasta 110 kg en sentadilla, o *Ursula Nothnagel*, que superó los 125 kg en peso muerto en la clase de hasta 67,5 kg.

Incluso cuando el entrenamiento se ha iniciado tardíamente, hay personas de 70 y de 80 años que han demostrado poder entrenar una fuerza corporal que supera claramente la fuerza media de un deportista de 20 o de 30 años. ¡No menosprecie, pues, a sus compañeros de gimnasio de 80 años! ¡Puede que después de hacer 10 dominadas le inviten relajadamente a continuar con él!

2 AUMENTO DEL PERÍMETRO MUSCULAR

El volumen de la musculatura entrenada aumenta de una forma más o menos notoria en función de la frecuencia, orga-

nización e intensidad del entrenamiento y la cantidad de años entrenados. Así, por ej., tras 12 semanas de entrenamiento muscular intensivo –de forma exhaustiva 4 veces por semana con el 70% Fmáx. (fuerza máxima)– *Bührle* demostró un aumento de la sección transversal del tríceps braquial del 18%, pasando ésta a ser de 25 a casi 30 cm². (*Bührle/Werner*). Tras un entrenamiento muscular efectuado durante 4 meses a razón de 3 sesiones semanales de 30 a 60 min de duración con el 70 hasta el 90% de la Fmáx. *Cureton* constató un aumento de la sección transversal de los músculos del brazo en hombres que pasó de ser de 45 a 52 cm² (7 cm² que representan un 16%) y de 22 a 27 cm² (5 cm² que representan un 23%) en mujeres (*Cureton*). En el mismo estudio se constató un aumento de la fuer-

Tabla A-3 Algunos récords mundiales de mujeres en powerlifting y en halterofilia. Octubre 2000

Disciplina	Mejor marca (categoría)	Atleta
Sentadilla	220 kg (hasta 60 kg) 280 kg (más de 90 kg)	Irina Abramova (Rusia) Chia-Sui Lee (Taiwán)
Press de banca	132,5 kg (hasta 56 kg) 178,5 kg (más de 90 kg)	Valentina Nelubova (Rusia) Chen-Yeh Chai (Taiwán)
Peso muerto	222,5 kg (hasta 56 kg) 263,5 kg (más de 90 kg)	Carrie Boudreau (USA) Katrina Robertson (Australia)
Arrancada	105 kg (hasta 58 kg) 135 kg (más de 75 kg)	Yanqing Chen (China) Meiyuan Ding (China)
Dos tiempos	131,5 kg (hasta 58 kg) 165 kg (más de 75 kg)	Song Hui Ri (Corea) Meiyuan Ding (China)



Figura A-3 Ed Coan (USA), cinco veces campeón mundial en powerlifting y poseedor del récord mundial (categoría hasta 100 kg), efectuando una sentadilla con 420 kg. (Foto: Heinz Vierthaler).

za de los flexores y extensores del brazo del 49% aprox. En ambos estudios se trataba de principiantes en el entrenamiento de la fuerza; las mediciones de la sección transversal del músculo se llevaron a cabo por tomografía computarizada.

El aumento de volumen de la musculatura se produce debido a un engrosamiento de las fibras musculares (hipertrofia) y puede que también (hay divergencia de opiniones) debido a un aumento (reproducción) de las células musculares (hiperplasia). La parte dominante la tienen aquí las fibras FT, fibras musculares necesarias para efectuar movimientos rápidos y grandes cargas (ver cap. C 2, Información complementaria: fibras

musculares ST/FT). La base para aumentar el volumen muscular son grandes resistencias y la realización intensiva de ejercicios, aunque con resistencias que vayan del 70 al 90% $F_{m\acute{a}x}$. asociadas al número máximo de repeticiones dan un resultado óptimo. Ambos factores efectivos –grandes tensiones de tracción y gran consumo de las reservas energéticas locales– favorecen el modelado del cuerpo. Se activa el programa de protección y de economía. Con un músculo más grande podremos efectuar de forma más segura una tensión de tracción que con un músculo más pequeño. Si por ej. usted quiere tirar de algo, para el mismo peso escogerá preferiblemente una cuerda gruesa



Figura A-4 a + b Exculturistas compitiendo a nivel nacional. (Fotos: Gottlob).

a Peter Gottlob, campeón nacional en Alemania 1967.

b Axel Gottlob, campeón nacional en Alemania 1982.

antes que una más delgada (ver cap. A 5 y A 6). De la misma manera, un músculo que trabaja habiendo agotado sus reservas energéticas locales es un músculo que trabaja de forma poco económica; un músculo grande que pueda repartir su rendimiento de trabajo en una sección transversal contráctil más amplia, y no llegue así a sus límites energéticos, trabaja de forma más económica. **En resumen, un músculo más grande que se ve enfren-**

tado a resistencias grandes trabajará con toda seguridad de forma más económica. Éste es el motivo por el que el entrenamiento de fuerza intenso presenta como cantidad media óptima de 6 a 12 repeticiones con resistencias lo más grandes posibles (6 hasta 12 RM) para el programa de protección y economía.

El aumento más espectacular de la musculatura lo consiguen claramente los culturistas profesionales. Por la facilidad

de medición de esta zona, se toma el ejemplo de la musculatura del brazo para mostrar el aumento de volumen conseguido a medida que avanza el entrenamiento; la medición del perímetro en culturismo se efectúa con el brazo levantado en "posición de contracción del bíceps" antes del entrenamiento. Un principiante masculino que tenga un perímetro de por ej. 35 cm puede aumentarlo hasta 38-39 cm si lleva a cabo un entrenamiento muscular intensivo durante un año; esto representa un aumento de la sección transversal del músculo del 25% aproximadamente. Con otro año de entrenamiento

puede conseguirse un aumento de hasta 40-41 cm. Cuanto más desarrollado esté el volumen muscular, más lentamente continuará creciendo y mayor deberá ser el volumen de entrenamiento y la cantidad y la constancia de las resistencias, aunque evidentemente la disposición genética desempeña un papel muy importante.

En el culturismo a nivel mundial se consiguen volúmenes musculares iniciales de 50 cm en el antebrazo y llegan hasta 57 cm en el brazo, siendo éstos valores en estado de pleno entrenamiento y con un mínimo absoluto de tejido graso subcutáneo e intercelular. El mayor perímetro de brazo lo ha registrado *Manfred Höberl*, uno de los participantes más exitosos del *Worlds Strongest Man*, con más de 60 cm. Pasando de los principiantes a los competidores mundiales, podemos observar aumentos de hasta tres veces la sección transversal muscular inicial; los períodos de entrenamiento son 10 años como mínimo.

El aumento de la masa muscular ¿está en función de la edad? ¡NO! Evidentemente, el máximo absoluto sólo se puede conseguir en una edad determinada, pero en cada período de la vida cabe conseguir aumentos considerables (ver cap. A 17 y 18). Incluso en los campeonatos mundiales de culturismo siempre hay atletas de edad avanzada que impresionan por su condición física. Así, el atleta inglés *Albert Beckles* ocupó el segundo lugar en la clasificación del campeonato mundial de profesionales (Juegos Olímpicos) a la edad de 54 años, teniendo en cuenta que no competía en



Fig. A-5 Bill Pearl (USA) – Leyenda del culturismo a la edad de 60 años. (Foto: SPORT & FITNESS, Benno Dahmen).

una categoría por edad sino en una competición abierta. Y *Ed Corney o Hill Peral*, ambos mayores de 60 años, destacaron durante sus actuaciones como atletas invitados por su fantástica condición física.

Dado que la masa muscular esquelética representa el mayor órgano del cuerpo con el 40% de la masa corporal, este parámetro tiene mucha relación con muchos parámetros fisiológicos que expondremos a continuación. Por este motivo el contenido y el crecimiento de este órgano son muy importantes desde diferentes puntos de vista. El incremento de la masa muscular con un entrenamiento de la fuerza adecuado es posible incluso en personas mayores frágiles.

3 MOVILIDAD FUNCIONAL

El aumento de movilidad puede conseguirse no sólo mediante diversas técnicas de estiramiento de los músculos antagonistas, sino también a través del entrenamiento diferenciado de los agonistas. En este sentido, en un estudio de 8 semanas de duración se demostró que se conseguía un incremento de 8° de media en la abducción de cadera, o sea, en el grado máximo de abducción, tras llevar a cabo el entrenamiento muscular diferenciado de los abductores de la cadera sin utilizar técnica alguna de estiramiento (Gottlob 1997). La tan repetida afirmación de que el entrenamiento muscular provoca el acortamiento de la musculatura es refutada por *Wiemann* (Wiemann), así como

por muchos deportistas con gran masa muscular, como por ej. los levantadores de pesos o los pesados luchadores de sumo, que manifiestan una movilidad que se sitúa muy por encima de la media; muchos de ellos pueden hacer tranquilamente el espagat.

Pero una mayor movilidad solamente puede ser útil, aplicable al deporte que se practica o efectiva como corrección terapéutica si es también funcional y potencial. Esto significa que en este campo de movimiento ampliado, el cuerpo debe producir, recibir y dirigir con seguridad la fuerza. Para, por ej., dar velocidad a un lanzamiento o dirigir mejor una patada lateral en artes marciales, también hay que producir fuerzas de aceleración. Por otro lado, el sistema articular debe trabajar de forma segura muscularmente, más aún en el arco articular más abierto, y necesita ser lo suficientemente estable para efectuar estas nuevas fuerzas. Finalmente también se debe considerar el trabajo muscular excéntrico, necesario para las fases de frenado en los nuevos puntos de finalización del movimiento. Vemos así que el aumento de movilidad por sí sólo es una meta parcial; el entrenamiento muscular diferenciado puede llevarnos a conseguir una movilidad funcional y segura (ver principio EF 1, 3 y 5).

4 INCREMENTO DE LA VELOCIDAD

¿Nos hace más lentos la fuerza? Ésta ha sido una afirmación arbitraria que ha

pesado durante muchos años en el mundo del deporte. La fuerza no nos hace más lentos; bien al contrario, sin fuerza no puede haber velocidad: la fuerza es la base de toda velocidad. *Schmidtbleicher* pudo demostrar que solamente efectuando un entrenamiento de la fuerza máxima, con cargas $\geq 90\%$ $F_{m\acute{a}x.}$, se podía conseguir un incremento de la velocidad de movimiento en todos los niveles de carga y en todos los ámbitos de la velocidad (*Schmidtbleicher* 1980), y *Allmann* habla de entrenamiento de la fuerza máxima como método dominante para desarrollar la velocidad y la elasticidad (*Allmann, Schmidtbleicher* 1994).

De este modo, el **saltador de pértiga**

Heinz Busche pudo reducir el tiempo de sus 100 metros de carrera pasando de 11,4 a 10,2 segundos, llevando a cabo el entrenamiento de la fuerza máxima y sin aumentar de forma significativa el entrenamiento de la carrera (*Allman*). En 1975 corrió el récord mundial en pista cubierta de 70 m en 7,5 seg. –la fuerza que tenían en aquel momento sus flexores profundos de la rodilla era 185 kg–. En el **boxeo**, el entrenamiento de la fuerza máxima produce un incremento de la fuerza de golpeo y de la velocidad de movimiento (*Schmidtbleicher* 1980).

Valores de fuerza de deportistas velocistas

- Actualmente uno no cuenta entre los



Figura. A-6 Deportistas velocistas en el ejemplo del esprint de 100 m.

velocistas de la elite mundial si no puede superar los 200 kg en sentadilla. Del **velocista** *Linford Christie* (Gran Bretaña) se sabía que practicaba sentadillas con 260 kg.

- La **ciclista de esprint en pista** *Felicia Ballanger* (Francia), varias veces campeona mundial y 2 veces campeona olímpica en 500 m de carrera contra reloj, así como en esprint en pista (Sydney 2000), levantaba 160 kg en sentadilla, una fuerza de piernas que le dio el empuje necesario en la pista (Documental de los Juegos Olímpicos de la cadena de televisión ZDF; 19.9.2000).
- *Petra Felke*, **lanzadora de jabalina** y exposeedora del record mundial con 80 m, fue incluso capaz de realizar media sentadilla con 250 kg (Müller).
- Todos los **lanzadores de pesos** de elite levantaban pesos de 200 kg y más en la modalidad press de banca. Del lanzador de pesos *Sven Oliver Buder* (Alemania) se explica que realiza series de entrenamiento con 250 kg de press de banca, y la lanzadora de pesos y heptatleta *Eva Wilms* podía superar sentadillas frontales bajas con 180 kg (Allmann).
- El **lanzador de disco** y exrécord mundial *McWilkins* (USA, más de 70 m) podía efectuar tres sentadillas con 317 kg y un peso corporal de 120 kg (Müller).
- Después de llevar a cabo un cuestionario entre 100 practicantes de **descenso en trineo** que se encontraban en las categorías regional, provincial, campeonatos mundiales y campeones olímpicos, se constataron potencias de entre 150 y 230 kg de sentadilla y de 90 hasta 130 kg de press de banca (de: Inform 47 (1) 2000).
- *Allman* habla de una **heptatleta** que se cambió por un año y medio al levantamiento de pesos y al culturismo. Durante este tiempo no entrenó para la carrera. Después de este año y medio corrió 100 m con motivo de una apuesta hecha en un campeonato regional y superó su propia mejor marca con 10,8 seg. (marca anterior 11,1 seg.) (Allmann).
- Si comparamos la masa muscular de los velocistas o luchadores de los años 1960 y 1970 con los deportistas actuales, observamos un aumento considerable de la fuerza, documentado incluso ocularmente.
- Pero con la realización del entrenamiento muscular diferenciado no sólo se puede entrenar mejor la velocidad y la fuerza explosiva, sino que el cuerpo también puede absorber mejor las fuerzas dinámicas altas y superar mejor y de forma más segura los procedimientos de frenado necesarios: velocidad sobre un fundamento sólido (ver más información en el principio EF-7).

5 AUMENTO DE LA DENSIDAD ÓSEA

Es interesante saber que el esqueleto óseo sólo representa el 10% de la masa corporal y que el tejido conjuntivo úni-

camente representa el 5%, mientras que el músculo esquelético representa el 40%. Galilei ya identificó en 1953 el principio necesario para **construcciones ligeras**, es decir, cómo conseguir con el mínimo material el máximo rendimiento con mucha seguridad (Tittel 1990). De forma análoga el hueso legitima la máxima “la forma se adapta a la función”. El hueso se ve sometido a constantes procesos de reestructuración y en este sentido se adapta a las cargas mecánicas que le afectan conformando su forma y su solidez siguiendo el principio de ligereza en la construcción. En este sentido, y explicado de forma simple, en el hueso encontramos dos tipos de células: las productoras de tejido óseo u osteoblastos y las destructoras u osteoclastos. Los osteoblastos fabrican tejido óseo en aquellos puntos en los que el esqueleto está sometido más intensamente a cargas de presión o de tracción, y en consecuencia, en estos puntos los osteoclastos no destruyen el necesario tejido óseo en estos puntos. Los procesos de producción son muy lentos, mientras que la destrucción de tejido óseo es casi 3 veces más rápida que el proceso de fabricación (Whiting); éste es el motivo que hace que las inmovilizaciones largas representen una situación crítica por la gran pérdida de masa ósea y la lentitud en la reproducción del tejido. *Bloomfield* constató que la pérdida de tejido óseo derivada de una inmovilización en cama de 4 a 6 semanas de duración, acompañada de una disminución de la fuerza del 40%, no había sido todavía compensada

al cabo de 6 meses (Bloomfield). En los viajes espaciales, la falta de fuerza de la gravedad provoca en los astronautas una pérdida de masa ósea primaria en la piernas y en la columna vertebral que se puede detectar incluso años más tarde (Baldwin).

Lo que configura la estructuración ósea son las fuerzas de presión, tracción y cizallamiento, aunque los músculos actúan como si fueran los causantes locales de este tipo de cargas. Con razón existe una clara correlación entre la densidad ósea y la masa muscular esquelética y la fuerza corporal; para expresarlo más exactamente: existe una correlación entre las superficies de la sección transversal de los músculos con la densidad ósea local (entre otros Layne, Revel). Una musculatura más fuerte ejerce un estímulo de tracción más importante a través de los tendones en la inserción tendinosa del hueso y de este modo sobre todo el hueso. Debido a la geometría interna de los huesos y de las articulaciones y al efecto de la fuerza de la gravedad, la contracción muscular provoca, además de la fuerza de tracción, cargas de presión y de cizallamiento. Ya en 1971, *Nilsson* pudo constatar en deportistas que la densidad ósea medida en la pierna era más alta cuanto mayor era la capacidad de rendimiento individual y cuanto más fuerza y elasticidad requiera el tipo de deporte practicado. En este estudio, los levantadores de peso y los lanzadores eran los que tenían densidades óseas mayores, mientras que las menores eran de los nadadores (Nilsson).

Los huesos que están sometidos a cargas suficientes de presión, tracción y cizallamiento de forma regular experimentan un incremento de la mineralización ósea y se presentan los siguientes mecanismos de adaptación (Tittel 1974):

1. Aumento del **grosor cortical** en huesos largos (Fig. A-7b)
2. Ampliación del **diámetro óseo** por ej. en el cuerpo vertebral (Fig. A-7b)
3. Organización y fortalecimiento de la **arquitectura esponjosa** a lo largo de las principales trayectorias de tensión, de las zonas con más cargas de presión y de tracción
4. Incremento de la formación de **eminencias óseas** en las zonas de inserción de los tendones y de las cápsulas articulares.

Aumento de la densidad ósea mediante el entrenamiento de la fuerza

Los efectos que puede tener el entrenamiento de la fuerza sobre la densidad ósea quedan demostrados en diversas investigaciones llevadas a cabo con diferentes grupos de edad, variando la duración y la intensidad de los entrenamientos. En este sentido, con un entrenamiento de un mínimo de 2 veces por semana con una duración de 3 a 18 meses se registró un **aumento de la densidad ósea del 1 al 12%** según la edad de los participantes, la intensidad del entrenamiento y la intensidad de las cargas (Coletti, Conroy, Layne, Simkin). Por el contrario, en los respectivos grupos de control se detectó una constancia o incluso una disminución de la densidad ósea.

Las investigaciones de la Clínica Universitaria de Göteborg realizadas con levantadores de potencia de categoría mundial nos muestran la cantidad de masa ósea que es capaz de producir el cuerpo gracias al seguimiento de un entrenamiento intensivo de la fuerza (Granhed). La densidad ósea fue medida con isótopos radiactivos a la altura de L3. El resultado fue un **incremento de la densidad ósea del 30 al 60%** respecto a los grupos de control, según el nivel de rendimiento. En este estudio, Granhed estableció una interesante correlación entre el aumento de la densidad ósea y la carga total levantada anualmente. Según esto, los valores más altos se manifestaban a partir de un volumen de entrenamiento de unas 1000 t de carga levantada por año.

El entrenamiento de la fuerza minimiza el riesgo de sufrir osteoporosis y el avance de la enfermedad

Es conocido que el hombre alcanza su masa ósea máxima ("*peak bone mass*") entre los 30 y los 40 años y que a partir de este momento se inicia un proceso sistemático de disminución de esta masa. Para las mujeres, y debido a la reducción considerable del nivel de estrógenos que se produce después de la menopausia, ésta disminución es incluso más acelerada. Por un lado, podemos intentar incrementar nuestra masa ósea durante los años de juventud entrenando nuestra fuerza regularmente para situar nuestra masa ósea máxima en valores de partida altos.

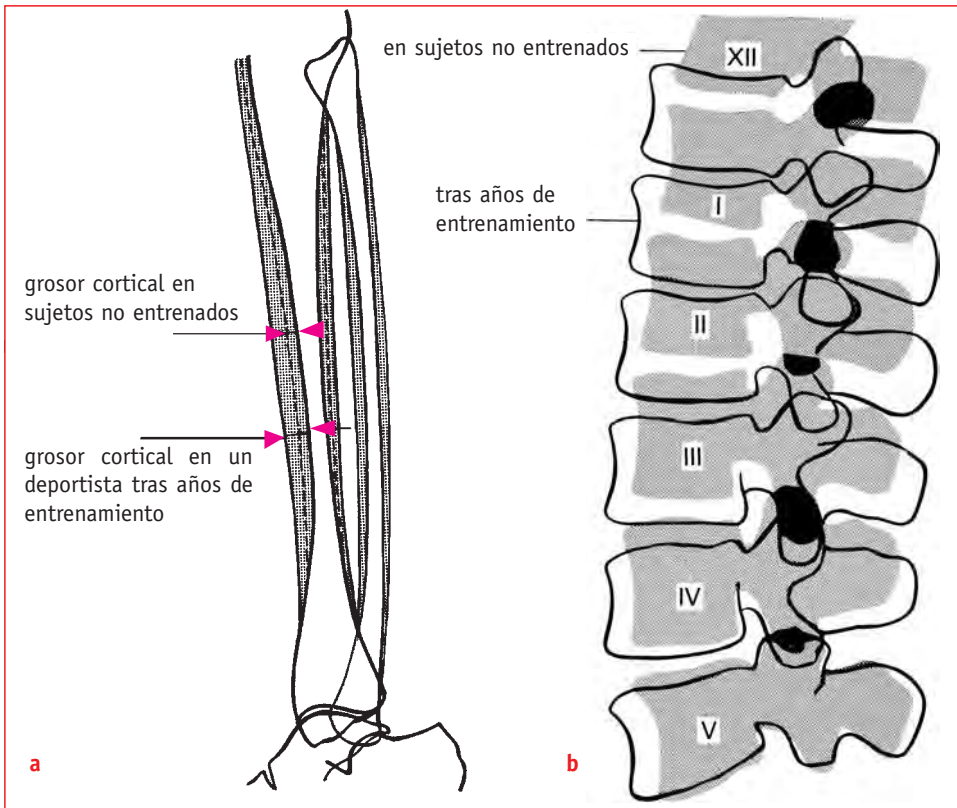


Figura A-7a + b Aumento de la solidez ósea local (de: Tittel, Anatomie, 13. ed., Urban & Fischer 2000).

a Aumento del grosor cortical en la tibia de un marchador de 20 km.

b Aumento de la sección transversal de las vértebras lumbares en un levantador de pesos.

Por otro lado, existen numerosos estudios que muestran que las mujeres después de la menopausia y de forma general las personas mayores han conseguido detener la reducción de la masa ósea o incluso aumentarla con la ayuda de un entrenamiento de la fuerza. Efectuando un entrenamiento intensivo de la fuerza durante un año con mujeres después de la menopausia, *Layne* demostró un incremento de la masa ósea del

1% respecto a un 2% de pérdida en el grupo de control de las mismas edades (*Layne*).

En la osteoporosis se producen dos fenómenos; por un lado, se ve reducida la masa ósea y, por otro, se altera la arquitectura del tejido óseo, y finalmente se producen fracturas de la estructura trabecular en los cuerpos vertebrales o bien, especialmente en edades ya avanzadas, fracturas de los huesos corticales como la

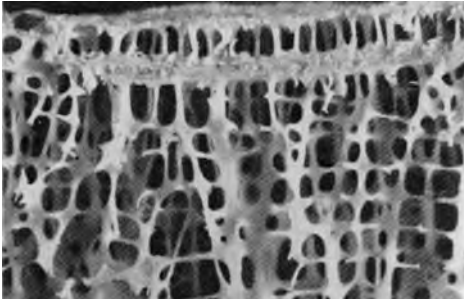


Figura A-7c Aumento de la formación esponjosa en un cuerpo vertebral (de: Junghans, Die Wirbelsäule, Teil II [La columna vertebral, Tomo II], Hippokrates 1979).

del cuello del fémur. Pero justamente con la ayuda del entrenamiento de la fuerza se puede densificar la cortical y estimular la formación diferenciada de estructura trabecular. *Hartard* demostró que, en mujeres posmenopáusicas y después de un año de práctica deportiva, el entrenamiento de la fuerza permitía aumentar la densidad ósea de las vértebras lumbares y el cuello del fémur (*Hartard*). De la misma manera que el descenso de la masa muscular esquelética es más atribuible a la falta de movilidad y a la ausencia de cargas que al proceso de envejecimiento (ver cap. A 17), podemos análogamente atribuir la considerable disminución de la masa ósea al déficit de cargas. No es pues nada sorprendente que el hueso reaccione disminuyendo su densidad y solidez si es privado progresivamente de los estímulos de carga necesarios. La osteoporosis es una enfermedad moderna que ha doblado el número de afectados en los últimos 30 años. Antiguamente los efectos de la osteoporosis eran raramente conocidos. Los aná-

lisis de la densidad ósea en esqueletos femeninos de los siglos XVII y XII dieron como resultado valores de pérdida de masa ósea mucho menores a los que muestran las mujeres actuales de la misma edad (*Lees*). Diarios de aquella época nos cuentan que aquellas mujeres efectuaban trabajos corporales durante 14 horas al día de media y además hacían diariamente largos trayectos a pie.

El déficit de estimulación corporal de nuestra sociedad del bienestar necesita un contrapeso fisiológico. El entrenamiento muscular diferenciado nos brinda una ocasión perfecta para introducir estímulos de forma diferenciada y lenta, de manera que incluso las personas con una masa ósea ya muy reducida puedan experimentar estímulos fisiológicos para el crecimiento del hueso sin que la misma carga represente un riesgo importante de fractura. El entrenamiento de la fuerza es con toda seguridad la forma de terapia ideal y con un potencial de éxito más elevado para pacientes que tengan osteoporosis o bien que tengan un alto riesgo de sufrirla. Los puntos básicos que hay que respetar son en este caso la regularidad del entrenamiento, un volumen de entrenamiento suficiente, cargas de resistencia lo suficientemente altas y variación en los ejercicios.

El principio que formulamos a continuación es tan válido para las personas que se encuentran ya en un estado de disminución de masa ósea, como para las personas que disponen de una masa ósea máxima: para conseguir un aumento de masa ósea se necesitan **cargas de resis-**

tencia lo suficientemente altas (Kerr) y **volúmenes de entrenamiento adecuados** (Granhed). Se necesitan estímulos de resistencia al menos 60-70% Fmáx. y volúmenes de entrenamiento como mínimo 2 veces semanales de 45 minutos de duración para conseguir efectos demostrables.

Además de aumentar la densidad ósea y conseguir el engrosamiento de la cortical, con el entrenamiento muscular diferenciado podemos reforzar de forma diferenciada especialmente las estructuras trabeculares (pilares óseos), por ej. en la columna y en el fémur. Los pilares óseos se forman y se refuerzan siguiendo las grandes líneas de presión y de tracción (trayectorias). El entrenamiento muscular diferenciado nos ofrece diversas posibilidades para modificar el tamaño, el número y la resistencia de los pilares (ver cap. D-2.2a).

Finalmente se refuerzan considerablemente los puntos de inserción tendinosa en el hueso y las correspondientes eminencias óseas. Respecto a este punto son notables las adaptaciones vistas en niños en el sentido de un aumento de la solidez relacionado con el aumento de los estímulos de carga. Ya en niños de 7 años se puede constatar un aumento de la mineralización ósea (Cassell). Este aumento de la densidad ósea y el fortalecimiento de las inserciones tendinosas obtenidos durante la fase de crecimiento se mantenían transcurridos años desde la finalización del entrenamiento deportivo (Kontulainen). ¡Estos aspectos son muy importantes para la prevención de lesiones

en niños! En lo referente al entrenamiento de la fuerza en los niños, téngase en cuenta el punto 18 de este capítulo así como el principio EF 12; para obtener de forma general las adaptaciones arriba mencionadas, considérense los principios EF 1, 3 y 12.

6 FORTALECIMIENTO DE LOS TENDONES, LOS LIGAMENTOS, LAS FASCIAS Y LAS ESTRUCTURAS ARTICULARES

Con el aumento de la masa muscular conseguimos no solamente un incremento de la solidez ósea, sino también el fortalecimiento de todas las estructuras implicadas en el proceso de transmisión de fuerzas, o sea, tendones, ligamentos, fascias, cartílago articular y cápsulas articulares.

Tendones, ligamentos, fascias y cápsulas articulares (tejido conjuntivo denso)

Un músculo más fuerte ejerce más fuerza sobre el hueso. El cuerpo reacciona en correspondencia con un fortalecimiento de las fascias y de los tendones responsables de la transmisión de la fuerza. Si el estímulo del entrenamiento de la fuerza es suficiente, se desencadena una hipertrofia de los tendones cargados (Staff, Kainberger); si las cargas son aplicadas durante años, se puede llegar a doblar la sección transversal de los tendones. Se produce un mayor almacenamiento de colágeno (Woo) y aumenta el metabolismo del tendón (Staff), lo que tiene como consecuencia un claro

aumento de la resistencia a la tracción del tendón (Tipton). Como ocurre con el desarrollo de la masa ósea, los parámetros de entrenamiento dominantes son no sólo el volumen de entrenamiento, sino también la intensidad y la cuantía de las cargas (Stone). Cuando los tendones o ligamentos han sufrido una lesión, la regeneración y recuperación de la resistencia a la tracción se producen más rápidamente si después de la lesión no se tarda en establecer estímulos de carga adaptados fisiológicamente (Staff, Tipton). Los puntos de unión entre tendón y músculo y tendón y hueso son los más propensos a lesionarse.

Las fascias y los ligamentos reaccionan también según este principio; lógicamente, los ligamentos reciben suficiente estímulo si se les solicita en tracción. En la mayoría de articulaciones, la cápsula articular realiza una función de transmisión de fuerzas únicamente cuando los componentes articulares han alcanzado la posición final. Si la posición final se alcanza con gran dinámica, como es el caso en la cápsula articular del hombro al efectuar un lanzamiento, ésta puede verse perjudicada. Con la ayuda de un entrenamiento diferenciado de gran amplitud, la cápsula articular y los ligamentos que estabilizan la articulación podrán experimentar un estímulo de resistencia para conseguir más estabilidad capsular y ligamentos más resistentes a la tracción.

Cartilago articular (cartilago hialino)

El grosor del recubrimiento de cartíla-

go articular está en directa correlación con la magnitud de la carga. En articulaciones pequeñas como las de los dedos, esta capa es de 1 mm aprox., mientras que en la articulación femorrotuliana es de 7-8 mm (Tillmann). Si la misma articulación se ve sometida a cargas extraordinarias de presión y de cambio, se produce un aumento del grosor del recubrimiento del cartílago (Holmdahl, Ingelmark, Kiviranta). En este sentido, el entrenamiento muscular diferenciado nos ofrece la posibilidad de aplicar estímulos de carga dosificados para el cartílago articular hialino. El cartílago articular engrosado ofrece mayor resistencia a la presión y sobre todo más capacidad de absorción de los impactos. Si las tan necesarias cargas de presión y cambio no se producen, las superficies articulares son cada vez más blandas, el recubrimiento cartilaginoso más fino y se pierde la capacidad de absorción de impactos (Bullough). El cartílago disminuye progresivamente o es destruido por la artrosis. A través del entrenamiento muscular diferenciado podemos conseguir en muchos casos de artrosis no sólo aumentar notablemente la nutrición del cartílago, sino también mejorar considerablemente el cuadro sintomático. Por un lado, si la fuerza es suficiente, los estabilizadores musculares descargan la articulación y, por otro, el cartílago experimenta un perfil ideal de presión y cambio, posiblemente fuente de una reconstrucción del cartílago.

La capa de cartílago únicamente puede recibir estímulos de engrosamiento en los puntos de presión y de cambio;

el entrenamiento isométrico o el entrenamiento limitado en amplitud tendrán pues una efectividad limitada, contrariamente al entrenamiento de fuerza de gran amplitud, que ofrece a la superficie cartilaginosa los estímulos de crecimiento necesarios (ver principio EF 3).

Discos intervertebrales, meniscos (cartilago fibroso)

Las estructuras fibrocartilaginosas como por ej. los meniscos y los discos intervertebrales, formados en parte por fibrocartilago y en parte por tejido conjuntivo, también reaccionan al aumento de tracción mecánica en el músculo con una mejora de sus características mecáni-

cas. Aplicando al menisco estímulos de carga inducidos durante el entrenamiento, se produce un incremento de la concentración de proteoglicanos y de colágeno, de lo que resulta un aumento de la resistencia a la presión y a los impactos así como de la elasticidad a la compresión (Mow). Los discos intervertebrales serán así más resistentes a la presión y a la tracción debido al fortalecimiento de las fibras de colágeno del anillo fibroso. El aumento de resistencia a la tracción de las fibras de colágeno toma una relevancia especial cuando se producen cargas asimétricas en la columna vertebral, como rotaciones o inclinaciones laterales (ver cap. D 2.2c y d).

Tabla A-4 Tipos de tejidos que presentan cambios inducidos por el entrenamiento de la fuerza

Tipo de tejido	Influencia morfológica del entrenamiento muscular diferenciado	Influencia mecánica del entrenamiento muscular diferenciado
Tejido conectivo denso <ul style="list-style-type: none">• Tendones• Ligamentos• Fascias, p. ej. fascia toracolumbar• Cápsulas articulares	<ul style="list-style-type: none">• Metabolismo aumentado• Hipertrofia• Aumento del colágeno	Aumento de la solidez
Cartilago hialino <ul style="list-style-type: none">• Cartilago articular• Costillas	<ul style="list-style-type: none">• Aumento del grosor del cartilago	Aumento de: <ul style="list-style-type: none">• Elasticidad a la compresión• Resistencia al impacto y a la compresión
Tejido conectivo denso <ul style="list-style-type: none">• Discos intervertebrales• Meniscos• Sínfisis (pubis y esternón)	<ul style="list-style-type: none">• Aumento del material de colágeno	Aumento de: <ul style="list-style-type: none">• Resistencia a la tracción• Elasticidad a la compresión• Resistencia al impacto y a la compresión

Si todas las estructuras que se encuentran en las líneas de fuerza son reforzadas, el cuerpo podrá asimilar cargas mucho más altas, transformarlas y dirigir las sin que se produzca lesión. Estos procesos de crecimiento tienen lugar de forma relativamente lenta: los músculos reaccionan en semanas o meses, pero para las estructuras pasivas debemos contar con meses o años.

7 AUMENTO DE LA ESTABILIDAD ARTICULAR

¿Cómo se mantienen juntas las superficies articulares? Excepto en algunos casos excepcionales en los que existe un déficit de elasticidad, los ligamentos y la cápsula articular no estabilizan la articulación hasta que no se encuentran en posición final, posición en la que también son capaces de absorber fuerzas. Pero la presión atmosférica ejerce cierta fuerza de presión sobre ambos componentes articulares por valor de 1 kg por cm^2 (presión negativa en la articulación). Sin embargo, esta fuerza sola no puede explicar la sólida unión de la articulación (Tittel 2000). La congruencia de la articulación puede garantizar esta unión, pero esto sirve solamente para algunas direcciones de fuerza determinadas, como por ej. la absorción de las fuerzas de reacción del suelo al correr o bien durante la bipedestación en el caso de la articulación de la cadera.

El verdadero responsable de la sólida unión de los componentes articulares en todas las posiciones articulares posibles

es, en primera línea, la musculatura. Tittel nos indica un valor del efecto de tracción ejercido por los músculos sobre la articulación de 10 kg por cm^2 de superficie articular (Tittel 2000). El trabajo muscular que se efectúa es tan importante que, incluso al realizar un lanzamiento, un salto o al golpear, los componentes articulares se separan muy poco. Sólo en una situación de relajación muscular completa, como bajo anestesia o en caso de parálisis, es posible por ej. sacar la cabeza del húmero de su acetábulo (Tittel 2000).

Si los respectivos estabilizadores articulares musculares son demasiado débiles, no se puede garantizar un recorrido articular en el que la congruencia de las superficies articulares sea total en todas las direcciones del movimiento. A modo de ejemplo veamos el caso de la articulación de la cadera, que al correr o al saltar se ve sometida a grandes cargas de compresión; si la abducción es deficitaria, la cabeza del fémur se eleva en sentido craneal-lateral cargando el acetábulo especialmente hacia craneal. por el contrario, unos abductores de cadera fuertes ejercen una fuerza centralizadora sobre la cabeza del fémur pudiendo reducir así progresivamente la carga de compresión en la cadera. Incluso articulaciones como la ASI (articulación sacroilíaca), muy poco móvil y estabilizada por numerosos ligamentos, disponen de grandes estabilizadores musculares, que, con las correctas relaciones de fuerza, nos proporcionan una mejora esencial de la estabilidad, muy necesaria en una zona en la que se produce una gran transferencia de fuer-

zas de la columna vertebral a la pelvis y a la inversa. Los desequilibrios importantes entre los distintos estabilizadores articulares comportan desplazamientos geométricos cuando se ven sometidos a cargas. La fuerza extraordinaria de unos rotadores internos del hombro ante unos rotadores externos débiles comportará un aumento de presión en la parte anterior de la glenoide. Unos músculos demasiado débiles y afuncionales provocan la sobrecarga del aparato ligamentario (Frisch) y de la cápsula, y un aumento parcial de la compresión en los componentes articulares.

Los músculos capaces de desarrollar una gran fuerza en toda su ROM (*range of motion*=amplitud del movimiento) poseen la base para desarrollar una estabilidad articular óptima. Si las relaciones de fuerza entre los estabilizadores musculares más importantes de una articulación son correctas y existe un buen patrón de coordinación, tal como se enseña en los ejercicios de entrenamiento de la fuerza libres y en los movimientos específicos para cada deporte, se puede garantizar que la presión en la articulación será óptima para cualquier tipo de carga, que la carga de los ligamentos y la cápsula se verá considerablemente reducida y que se podrá evitar una sobrecarga unilateral (ver principios EF 5 y 6).

8 MEJORA DE LA POSTURA

A través del entrenamiento muscular podemos influir en la postura incidiendo

en la relación causa-efecto y de forma duradera. Se puede y se debe aplicar estímulos de entrenamiento que tengan relación con la postura en cada segmento corporal, desde los pies hasta la columna cervical. Si por ej. los músculos del tobillo y del pie están muy atrofiados, la capacidad de equilibrio de cada fase unipodal de la marcha se verá notablemente reducida. Efectuando los ejercicios de entrenamiento de la fuerza adecuados podemos aumentar, por un lado, las relaciones de fuerza de estos grupos musculares y mejorar, por el otro, la coordinación integrándolos en grandes cadenas musculares. Para construir una plataforma estable para la columna vertebral debemos crear una estabilidad básica de la pelvis, entre otras cosas mediante el establecimiento de una cadena extensora de la rodilla y de la cadera suficientemente potente, con su función “antigravitatoria”. Y finalmente, como veremos explícitamente en el capítulo D, el entrenamiento de los músculos estabilizadores de la columna vertebral, especialmente de los extensores de tronco, de los músculos de la columna cervical y la cadena del dorsal ancho-glúteo, que tiene un efecto de enderezamiento del tronco y de mantenimiento de la tensión corporal. Es posible que se acentúen las oscilaciones de la columna vertebral hacia la dirección de los radios de curvatura descargados, pero normalmente se consigue una óptima repartición de las cargas en la columna vertebral. De este modo se puede reducir considerablemente las cargas máximas que se producen durante las

actividades peligrosas de la vida cotidiana o deportiva. Evidentemente, la colocación del brazo determinada por la musculatura de la escápula y la articulación del hombro tiene un papel muy importante en lo que se refiere al reparto de las cargas.

Todos los grupos musculares relevantes pueden ser entrenados aisladamente e integrados en su estructura coordinativa. En relación con esto, la escuela de espalda clásica ofrece sólo soluciones muy limitadas. De hecho, únicamente cabe conseguir buenos y perdurables resultados corrigiendo masivamente los déficits de fuerza específicos de cada articulación, trabajando con resistencias en la ADM completa de todas las articulaciones importantes (también de las articulaciones vertebrales) con un amplio campo de ejercicios más o menos exigentes de coordinación y utilizando resistencias lo suficientemente altas para desarrollar cualidades de fuerza. Pues la postura no tiene que ver sólo con la marcha erguida o con la elevación de pesos hecha de manera correcta ya que justamente en situaciones dinámicas y problemáticas es importante mantener una “buena postura” para superar aquéllas sin lesionarse. Si usted desea sacar por ej. una caja de botellas de agua del maletero de su coche, lleva usted un pantalón muy claro y el parachoques de su coche no está precisamente limpio, deberá inclinarse hacia delante y, para hacerlo, necesitará potentes extensores de tronco con el fin de salir de esta situación sin problema. Para dar respuesta a estos requerimientos evi-

tando posiciones y cargas incorrectas, deberá considerar los principios del entrenamiento muscular descritos en el capítulo C y las reflexiones biomecánicas específicas de la columna vertebral del capítulo D, que le proporcionarán los instrumentos de valoración necesarios para la elección de los ejercicios y la estructuración de los entrenamientos.

9 MEJORA DE LAS FUNCIONES DE PROTECCIÓN

Si hablamos de mejora de las funciones de protección, debemos tener en cuenta situaciones en las que el cuerpo puede llegar a fases de aceleración muy altas como por ej. el momento en que el objeto acaba de abandonar la mano después de efectuar un lanzamiento, en la fase de aterrizaje después de saltar de un muro o de un aparato de gimnasia, en una caída mientras se está esquiando o simplemente en una caída habitual. En todos estos casos hay que compensar fuerzas muy altas en muy poco tiempo. La gran energía de movimiento con la que se ve confrontado el cuerpo debe ser parada de forma rápida y, si es posible, ¡sin destrucción!

El mejor sistema de amortiguación dinámico del que dispone el cuerpo para estos casos es su músculo esquelético. El músculo es el que tiene más elasticidad, sólo el músculo es capaz de producir fuerzas contrapuestas en todas las posiciones articulares y en cualquier longitud muscular. Únicamente él es capaz de frenar la gran energía cinética con trabajo

muscular concéntrico y excéntrico de forma sistemática. Cuanta más energía cinética absorba la musculatura, menor será la fuerza restante que deberán absorber la cápsula y el aparato ligamentario en los puntos articulares finales. La fórmula simple dice así: “Cuanto más fuerte sea la musculatura, mayor será su capacidad de amortiguación”. Amortiguar una caída está bien, pero amortiguarla con fuerza es más efectivo y reduce notablemente el riesgo de lesión. Esto explica que en accidentes de automóvil en los que los ocupantes sufrieron un traumatismo con latigazo cervical, los afectados que eran deportistas de competición, culturistas o luchadores, aparte de tener agujetas (gran contracción de la musculatura cervical en el momento del accidente) quedaron ilesos (ver principio EF 7).

En impactos muy dinámicos o con cargas muy altas, los huesos largos como el fémur o el húmero son sometidos a grandes fuerzas de torsión que en casos extremos pueden provocar la fractura del hueso. Para protegernos de estas altas cargas de flexión, el cuerpo dispone de los llamados cinturones musculares, cuya capacidad de absorción fue probada por primera vez por *Pauwels* (Pauwels). En este sentido, en la parte del hueso apartada por la torsión existen tracciones musculares relajantes que, cuando las relaciones de fuerza son suficientes, efectúan grandes fuerzas contrapuestas, reduciendo así la torsión. Por este mecanismo es posible reducir notablemente las cargas por ej. del cuello del fémur llevando a

cabo un entrenamiento de fuerza máxima del tracto (cintilla) ilirotibial, una banda musculotendinosa lateral entre la pelvis y la tibia. De este modo cabría evitar algunas fracturas del cuello del fémur (sobre esto ver principio EF 6). Estos cinturones musculares son especialmente importantes para las personas con osteoporosis o para las que están sometidas regularmente a cargas muy dinámicas.

Cuanto menor sea la fuerza muscular, menores serán las posibilidades de amortiguación y de compensación y mayor será la carga a la que se verán sometidas las estructuras pasivas, lo que a su vez aumenta el riesgo de sufrir una lesión al caerse, etc. Realizando, pues, un entrenamiento muscular diferenciado de forma regular se puede “instalar” sistemas de protección optimizados en el cuerpo.

10 MEJORA DEL APORTE DE NUTRIENTES A LAS ESTRUCTURAS ARTICULARES

Algunos sistemas del aparato locomotor humano no están directamente conectados al sistema cardiovascular, sino que son nutridos por productos metabólicos mediante difusión. Entre ellos se encuentran las superficies cartilaginosas hialinas de las articulaciones, los meniscos y los discos intervertebrales. El intercambio de sustancias metabólicas se hace esencialmente entre estas partes de la articulación y el líquido sinovial que en ellas se encuentra. Por el gradiente de concentración entran sustancias nutrientes y regeneradoras de tejido en el cartí-

lago, meniscos y discos y se eliminan los productos de desecho.

El líquido sinovial tiene, además de la función de nutrición, una función especialmente de “lubricación articular”, o sea, de reducción del rozamiento, y gracias a su viscoelasticidad funciona como un amortiguador hidrodinámico. Este líquido es producido en más cantidad cuando se mueve la articulación, y, si el movimiento se ve limitado, se reduce la producción de líquido, con todo lo que esto supone respecto a la limitación del intercambio de sustancias. La existencia de cargas de compresión mantenidas como las que reciben por ej. los discos intervertebrales cuando una persona está sentada o de pie mucho rato sin moverse, tienen un efecto negativo sobre el intercambio metabólico, ya que el gradiente de presión, mayor en este caso, es contrario al gradiente de concentración. Por el contrario, la existencia de cargas de compresión y de cambio que actúan sobre la articulación al efectuar por ej. un entrenamiento de la fuerza, generan un aporte de sustancias óptimo. Como ya hemos explicado, las cargas suficientemente altas y aplicadas repetitivamente provocan el engrosamiento del recubrimiento de cartílago y la aceleración del intercambio celular.

11 MEJOR RECUPERACIÓN DESPUÉS DE SUFRIR LESIONES O PATOLOGÍAS

Después de casi todas las **lesiones del aparato locomotor** –tratadas o no qui-

rúrgicamente– el entrenamiento de la fuerza representa siempre una medida de rehabilitación muy efectiva. A través de los programas de entrenamiento de la fuerza, los pacientes ganan mucho más rápidamente movilidad y capacidad de carga, y el proceso de curación se acelera gracias a la variación de cargas de presión. Este entrenamiento es especialmente necesario después de una hospitalización.

Cuando existen **patologías del aparato locomotor** y **cambios degenerativos**, el entrenamiento muscular diferenciado suele ser la terapia más efectiva. Tiene mucho éxito en su aplicación especialmente en: osteoporosis, artrosis, diversas patologías articulares como problemas de rodilla como el síndrome rotuliano o la condropatía rotuliana, problemas de hombro como la inestabilidad capsular o el síndrome de atrapamiento (*impingement*), patologías del codo como la epicondilitis, problemas del pie como el pie plano, el pie valgo o el hallux valgus, patologías de la columna vertebral como la enfermedad de Scheuermann, la de Bechterew, escoliosis, espondilolistesis, espondilosis, hernias discales o dolores generales de espalda, en caso de hipermovilidad, inestabilidad ligamentaria, para la compensación de desequilibrios derecha-izquierda, etcétera.

El entrenamiento muscular diferenciado, con sus aspectos de seguridad, estabilidad, movilidad y cuidado, ofrece ventajas insuperables. Esta forma de entrenamiento se realiza con una dosifi-

cación muy ajustada de los ejercicios, las posiciones de realización de los ejercicios son seguras, se debe dominar las resistencias que hay que superar y ofrece una gran preparación para las actividades de la vida diaria. Todo ello permite mejorar la movilidad de forma rápida y actuar en la causa del problema.

Este método también es muy ventajoso para la recuperación en las **enfermedades cardiovasculares**, junto con la aplicación de las medidas específicas de entrenamiento cardíaco (ver cap. A 15).

12 MEJORA DE LA FIGURA

La imagen ideal está sometida a unas medidas determinadas sujetas a la moda y a los imperativos culturales. Si lo que pretendemos es conseguir un cuerpo con piel tersa, poco contenido en grasa y cierta fortaleza corporal duradera, la manera más efectiva de conseguirlo en un período de tiempo razonable es efectuar un entrenamiento de la fuerza intenso y regular. Evidentemente, conviene tomar también algunas medidas respecto a la alimentación.

Las dietas que se llevan a cabo sin gran actividad deportiva acaban siempre siendo un callejón sin salida; se provoca una pérdida perjudicial de masa muscular, el peso corporal reducido no se mantiene y no mejoran las funciones corporales. Sólo si se combina la dieta con una actividad corporal suficiente se puede mejorar la composición corporal y el resultado se mantiene a largo plazo.

Si comparamos el entrenamiento de la fuerza con el entrenamiento de resistencia aeróbico respecto a los cambios que se producen en la composición corporal, obtendremos la siguiente imagen. Cuando se analizan diversos estudios de un mínimo de 2 meses de duración entre los años 1984 y 1999, se observa que después de efectuar un **entrenamiento de resistencia** se produce una reducción de la masa corporal grasa de 0,4 a 3,2 kg, mientras que la masa corporal libre de grasa no varía. Con el **entrenamiento de la fuerza** se observa una reducción de la masa corporal grasa similar, de 0,9 a 2,9 kg, pero la masa corporal libre de grasa se incrementa 1,1 a 2,1 kg (Toth). Estos valores varían en relación con la intensidad y la duración. De esta forma, *Misner* consiguió, mediante un entrenamiento de la fuerza de 8 semanas de duración a razón de 3 sesiones semanales y con grandes resistencias, aumentar la masa corporal libre de grasa de sus sujetos experimentales 3,1 kg, al tiempo que se redujo el porcentaje de grasa corporal un 2,9% (*Misner*).

En ambas formas de entrenamiento se consigue, tanto en valores porcentuales como absolutos, una clara reducción de la grasa corporal, pero solamente en el entrenamiento de fuerza se consigue aumentar la masa muscular esquelética. Y la musculatura, al contrario que la grasa, consume constantemente energía, incluso en estado de reposo. Según los estudios realizados por *Holloszy*, *Aisenberg* y *Hunter*, después de un entrenamiento de fuerza de 12 a 26 semanas, e

independientemente de la edad, se consiguió un **aumento del metabolismo basal** del 7% (Holloszy, Aisenberg, Hunter), y *Curry* demostró que, para aumentar 1,5 kg la masa muscular, se requieren diariamente de 120 a 150 kcal de más para el metabolismo basal (Curry 1993). Solamente por el hecho de tener más masa muscular aumenta el consumo energético. Un volumen de 1,5 kg de masa muscular tendría pues como consecuencia una disminución de unos 5 kg de grasa al año, sin considerar el consumo calórico necesario para la manutención de la musculatura durante el entrenamiento de fuerza.

Además del aumento del metabolismo basal y de la disminución general de grasa, el entrenamiento de fuerza nos ofrece otras ventajas elementales para conseguir una “buena” figura. Si hablamos de la forma del cuerpo, debemos tener claro que **sólo mediante el músculo esquelético existe la posibilidad de modelar activamente la figura corporal**. Otras estructuras efectivas ópticamente son los huesos y el tejido graso. Los huesos dan formas solamente “angulosas”; el tejido graso, en poca cantidad, da formas “redondeadas”, y, en gran cantidad, formas “fofas”.

Pero muchos de nuestros alumnos y deportistas interpretan erróneamente el volumen corporal. Nos dicen por ejemplo que no quieren que su pierna sea más gruesa y que, por tanto, no desean empezar un entrenamiento de fuerza, pero, si se analiza la composición de tejidos de esa pierna, se constata que en

su mayor parte se trata de tejido graso subcutáneo (tejido que se encuentra directamente debajo de la piel) y que también hay una gran cantidad de grasa intercelular almacenada en el interior del músculo. Una pierna como ésta no es gruesa, sino gorda. El entrenamiento de la fuerza en este caso no sólo la hace más gruesa, sino que también cambia la composición de los tejidos; la pierna tendrá más tono.

Casi todo el mundo puede conseguir piernas tonificadas y unos glúteos fuertes. Pero lograrlo sólo con una dieta es del todo imposible y las sesiones aplicadas de aeróbic tampoco servirán de mucho. La solución reside en aplicar resistencias elevadas. Comparemos en este contexto a la corredora de fondo con la velocista (ambas en deporte de alta competición). ¿Qué tipo de deporte modela las piernas y los glúteos más fuertes? Ambas atletas practican deporte de competición y tienen un porcentaje de grasa muy reducido. Pero, si consideramos la tersura de la piel y la firmeza de los tejidos corporales, veremos que la velocista tiene una forma corporal más tonificada debido a la gran masa muscular que debe desarrollar para acelerar.

Las primeras fibras que aumentan la tensión corporal con el correspondiente aumento del diámetro muscular son las fibras FT (de contracción rápida), responsables de los movimientos rápidos y de las grandes cargas. De forma progresiva se produce, como ya se ha descrito en A 8, una mejora de la postura, lo que también mejora la figura corporal. El

aumento del tejido muscular activo produce una estructura subcutánea tonificada que da a la piel un aspecto terso. El aumento de la tersura de la piel, la progresiva mejora de su irrigación sanguínea y la considerable reducción de tejido graso intercelular y subcutáneo tienen un efecto extraordinario, especialmente en los casos en los que exista celulitis.

Los y las culturistas de diferentes niveles muestran siempre de nuevo y de forma impresionante como va cambiando la figura corporal de forma activa. Si usted piensa que en algunos casos esto se produce de una forma exagerada, le voy a dar una respuesta muy simple: para crecer, todos los músculos necesitan una resistencia suficiente y unidades de entrenamiento con tendencia a aumentar constantemente, así que cuando un músculo haya alcanzado el volumen deseado, reduzca el número de repeticiones, la frecuencia de los entrenamientos y el tamaño de las resistencias para esta zona del cuerpo con un programa de mantenimiento. Haciéndolo así, y teniendo en cuenta que la figura es algo bastante subjetivo, se puede modelar la figura corporal individualmente. Cientos de miles de personas activas en diferentes niveles de competición nos los demuestran desde hace muchos años. Es evidente que no todo el mundo puede ser campeón mundial o nacional, pero casi todo el mundo puede conseguir la figura deportiva que desee mediante un entrenamiento regular e intensivo de la fuerza y una alimentación equilibrada.

La "historia de Bruce Randall"

Fascinado por la fuerza ya de adolescente, Bruce Randall se ocupaba con todo lo que era difícil y pesado. Talaba árboles, levantaba grandes pesos y se alimentaba abundantemente. Lo llamaron para que prestara el servicio militar. Debido a su gran peso corporal casi no le venía bien ningún uniforme y se le atribuyó el trabajo de conducir a las tropas de guardia a la cantina en diferentes turnos, comiendo él también cada vez, llegando a comer ¡8 veces diarias! Cuando la madre de Bruce lo fue a recoger a la estación después de haber estado 2 años en el ejército, casi cayó inconsciente al verlo. Nada extraño, ¡había aumentado en 180 kg su peso! Pero no sólo había aumentado su peso; también era mucho más fuerte, podía hacer el ejercicio de Buenos días ¡con 315 kg en los hombros!

Con el tiempo, Bruce estaba descontento con sus kilos y decidió perder peso. Fue a un gimnasio de Nueva York, en el que entraba a las 10 de la mañana con el propietario y salía a las 22 horas. Se dice que, sólo de abdominales, Bruce hacía unas 5.000 repeticiones diarias, por no hablar del resto. Diez meses después de este entrenamiento tan duro, Bruce redujo su peso corporal en 100 kg, pasando de 180 a 80 kg de peso (los posibles seguidores deben tener en cuenta el peligro de sobrecarga). Bruce Randall decidió concursar en una competición de culturismo. Se preparó durante dos años intensivamente, ganó de nuevo 25 kg de peso y en el año 1959 con 105 kg de peso, se convirtió en campeón mundial de culturismo.

13 MEJORA DEL APORTE METABÓLICO Y ENERGÉTICO

Con más del 40% de la masa corporal total –en algunas personas musculosas entrenadas puede llegar a ser el 50%– el músculo esquelético representa el órgano metabólico más grande del cuerpo humano. Un aumento de la actividad de este órgano produce, pues, un aumento metabólico igualmente significativo. En este sentido, no sorprende para nada un estudio norteamericano que apunta como responsable principal de la disminución del intercambio metabólico la reducción de la masa muscular, ya que esta reducción se refleja en unos valores que llegan al 40% a los 70 años. Para aumentar el metabolismo, el músculo esquelético representa el punto crucial. También por estas razones es extraordinariamente importante continuar manteniendo y aumentando el músculo esquelético y, como presentamos en el capítulo A 17, posible.

Desde el punto de vista energético, durante la realización del entrenamiento de la fuerza tienen lugar diferentes procesos de adaptación en función de la organización del entrenamiento. Si se realizan unidades de entrenamiento trabajando casi exclusivamente del 90 al 100% de la $F_{m\acute{a}x}$. (fuerza máxima) con largas pausas intermedias, casi no se puede ver cambios significativos de los valores referentes al almacenamiento y el aporte energético. Si, en cambio, se llevan a cabo pausas intermedias cortas y unidades de entrenamiento intensivas tra-

bajando del 60 al 90% de la $F_{m\acute{a}x}$., el cuerpo realiza adaptaciones energéticamente muy ventajosas. Se produce un aumento de las unidades de almacenamiento energético como el ATP (adenosintrifosfato), el PC (fosfato de creatina) y el glucógeno. *Tesch* encontró por ej. en el músculo vasto lateral (extensor lateral de la rodilla) de los culturistas un 50% más de reserva de glucógeno que en las personas no entrenadas (*Tesch*) y *MacDougall* observó, después de un entrenamiento de la fuerza de 5 meses de duración un aumento de la concentración del PC y el ATP de en torno al 20% (*MacDougall*).

Correspondientemente se produce también un aumento de la actividad enzimática glucolítica anaeróbica. La realización de unidades de entrenamiento agotadoras con unas 10 RM (RM: repetición máxima; 10 RM significan una resistencia con la que es posible un máximo de 10 repeticiones) aumentan la tolerancia al lactato. Si en cambio se practican principios de circuito o de superseries de unos 30 minutos, mejoran también los efectos del metabolismo aeróbico; en este tipo de entrenamiento se podría observar la alternancia de unas frecuencias cardíacas entre 120 y 155 lat./min.

14 CAPILARIZACIÓN

Provenientes del corazón, y al final de la ramificación del sistema de transporte sanguíneo arterial (aorta > arterias > arteriolas), se encuentran los capilares. Es

aquí, en estos vasos capilares de aprox. unas 10 μm de diámetro, donde tiene lugar finalmente el intercambio de líquidos, de nutrientes y de gases entre la sangre y los tejidos. Las fuerzas motrices de este intercambio son el gradiente de concentración y el gradiente de presión, que por difusión y por filtración deciden a qué velocidad y en qué dirección tiene lugar el intercambio.

En estado de reposo, muchos de los capilares musculares están cerrados por los músculos esfinterianos dispuestos a la entrada de los capilares con la finalidad de transportar una cantidad limitada de sangre del cuerpo a las regiones más importantes, por ejemplo el tubo digestivo. Éste es también el mecanismo que nos permite, en un momento de gran carga para el organismo, aumentar 30 o 40 veces la circulación sanguínea local junto con el volumen de bombeo por minuto del corazón mediante la apertura de todos los capilares musculares implicados.

Los grandes músculos necesitan naturalmente un mayor intercambio metabólico. Se ha dicho que en este caso se provocaría una disminución del aporte sanguíneo, ya que la misma cantidad de capilares debe nutrir un número mayor de células musculares. En un entrenamiento puramente isométrico parece ser realmente así; se produce una reducción del número de capilares por superficie transversal del músculo. En un entrenamiento dinámico en cambio, numerosas investigaciones demuestran que la cifra absoluta de capilares aumenta en proporción al

aumento de la superficie transversal del músculo. Un músculo hipertrofiado tiene, pues, más capilares (Schantz 1982, McCall 1996, Green 1999).

Efectuando un entrenamiento de la fuerza especialmente intensivo, con pausas cortas y con grandes volúmenes, se puede llegar a producir incluso un aumento de la densidad de los capilares, o sea, de la cifra relativa de capilares por superficie muscular (Kraemer 1987). La explicación de este fenómeno, que por otro lado solamente se observa en el entrenamiento de resistencia, podría ser los grandes valores de lactato que se producen localmente, que en este tipo de entrenamiento de la fuerza llegan a ser de hasta 20 mmol/l (Fleck 1997).

15 MEJORA DE LOS PARÁMETROS CARDIOVASCULARES

Además del aumento de capilares, con la realización de un entrenamiento de la fuerza organizado como proponemos, con tiempos de pausa cortos y la cantidad de repeticiones y de series adecuada, cabe conseguir otros efectos beneficiosos para el sistema cardiovascular (ver principio EF 11).

Los efectos beneficiosos son, entre otros:

- Disminución no significativa del **pulso en reposo** (Fleck 1994).
- Tendencia a la normalización de la **presión arterial** en reposo, o sea, reducción no significativa de la presión arterial en personas hipertensas

(Harris, Hagberg, Martel); valores constantes de la presión arterial en personas normotensas (Fleck 1994), y cierto aumento de aquellos valores en personas hipertensas. En este contexto es interesante el metaanálisis de *Kelley*, quien durante el lapso de tiempo entre 1996 y 1998 analizó, a través de diversos estudios, la relación entre el entrenamiento de fuerza y la presión arterial, observando una reducción de la presión sistólica del 2% y diastólica del 4% originada por el entrenamiento de fuerza (Kelley).

- Aumento del **grosor de las paredes cardíacas** y de la masa muscular del ventrículo izquierdo (Fleck 1994)
- Disminución del **rendimiento miocárdico** en reposo; es decir, en estado de reposo el corazón consume menos oxígeno y debe trabajar menos para mantener las funciones vitales (Fleck 1994).
- Se produce un aumento de la concentración de **HDL** y una cierta disminución de los valores de **LDL** y del colesterol total (Wallace, Hurley).
- Aumento moderado del $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ del 4 al 8% (Gettmann, Stone 1983).
- Mejora del **transporte de oxígeno** a la célula muscular.

Uno de los efectos esenciales del entrenamiento de fuerza es, vistas estas relaciones, la descongestión del sistema cardiovascular cuando el cuerpo se ve sometido a cargas importantes. De este modo, una musculatura fuerte permite al ser humano responder a las cargas, por

ej. subir escaleras, a nivel periférico sin cargar absolutamente el corazón y, cuando las cargas son muy importantes, descargarlo en parte. Por ej. si la persona transporta una caja de botellas de agua, una musculatura esquelética fuerte permitirá una disminución de la presión arterial de trabajo y del rendimiento cardíaco necesario (Colliander, Goldberg, Fleck 1987). Estos efectos son especialmente importantes para las personas que padecen trastornos cardiovasculares, las que tienen factores de riesgo cardiovasculares o las que han sufrido un infarto cardíaco. En este sentido, para los pacientes cardiovasculares el entrenamiento de la fuerza se presenta, completado por un entrenamiento aeróbico, como una terapia ideal, que no supone un peligro potencial, tal como se demostró en el gran estudio realizado en la Clínica Cooper (McCartney).

16 EFECTOS HORMONALES BENEFICIOSOS

El tema de los efectos hormonales es extremadamente complejo y lo trataremos solamente en forma de apunte. Cualquier carga aguda provoca un aumento de la concentración de hormonas en la sangre. Éstas desempeñan un papel importante en los procesos reparadores y, si se efectúa un entrenamiento a largo plazo, en la adaptación funcional de los tejidos (por ej. el aumento del tejido muscular y óseo) (Kraemer 1994).

Durante e inmediatamente después del entrenamiento de fuerza se produce

un aumento de los valores de testosterona y de la hormona del crecimiento (GH) en sangre, siendo para las mujeres el aumento de la testosterona muy pequeño. La variación del perfil hormonal oscila en función de la edad, aunque incluso en hombres de 62 años se probó un claro aumento del nivel de testosterona (Kraemer 1999). El aumento hormonal será mayor cuanto más intenso sea el entrenamiento, cuanto más cortas sean las pausas entre series, cuantos más grupos musculares se soliciten y cuantas más series se realicen a un 85-95% de la Fmáx. (Kraemer 1990). En el caso de la hormona de crecimiento los parámetros decisivos son parecidos, aunque los valores más altos se observan cuando se trabaja a 10 RM (Kraemer 1990). La testosterona favorece, entre otras cosas, la formación de la proteína muscular del propio cuerpo. El aumento de la hormona del crecimiento es relevante por ej. para la síntesis directa de proteínas, una serie de procedimientos metabólicos anabólicos, para el vertido de los factores de crecimiento insulínicos (IGF) y para la formación de tejidos, como por ej. tejido cartilaginoso.

17 AUMENTO DEL RENDIMIENTO Y DE LA CALIDAD DE VIDA EN PERSONAS MAYORES

Es por todos conocidos que el ser humano pierde masa muscular a medida que avanza en edad, pierde claramente fuerza, disminuye la estabilidad ósea, se reduce el metabolismo y finalmente la



Figura A-8 Brad Harris, actor, con más de sesenta años. (Foto: SPORT & FITNESS, Benno Dahmen).

capacidad de rendimiento, la movilidad y la capacidad motriz de la vida diaria. Diversas fuentes hablan de una pérdida de masa muscular de 2 a 3 kg por década de vida en mujeres y en hombres a partir de los 30 años, proceso acelerado a partir de los 50 años (Hollmann 31.08.96). De esta forma, hasta los 70 años, el ser humano pierde aprox. el 40% de su masa muscular esquelética, aunque en primera línea son las fibras FT (rápidas) las que sufren una disminución más intensa (Hollmann 31.08.96, Larsson).

De forma análoga disminuye la fuerza un 8% por década de vida. La pérdida de fuerza reduce a su vez la rapidez de los movimientos, la movilidad, la estabilidad en bipedestación y la estabilidad articular, al mismo tiempo que aumenta el riesgo de padecer accidentes e influye negativamente en la capacidad de trabajo y en la superación de las cargas diarias. Estudios realizados en Estados Unidos demuestran por ej. que en un grupo de personas mayores de 75 años el 28% de los hombres y el 66% de las mujeres no eran capaces de levantar pesos de 4,5 kg, y un estudio escandinavo muestra que más del 60% de las personas de unos 80 años tenían dificultades para superar la altura de los escalones habituales en los medios de transporte públicos (Baum).

Si bien antes se atribuía esta pérdida general al proceso natural de envejecimiento, actualmente se sabe que este fenómeno tiene que ver en primera línea con la reducción progresiva de cargas a las que se ve sometido el cuerpo con los años. No es la edad en sí misma, sino que es la disminución del movimiento y de las cargas la primera responsable de este fenómeno. En los animales este proceso de pérdida de masa muscular con la edad es ¡4 veces menor que en el ser humano! En los años 1990 se demostró mediante una serie de estudios que el entrenamiento de fuerza tenía como consecuencia un crecimiento de la masa muscular y de la fuerza **en cualquier edad**, con las consecuencias que esto conlleva. Así pues, podemos afirmar que el entrenamiento

de fuerza no sólo es realizable a cualquier edad, sino que además adquiere una función clave dominante con la edad.

Fiatarone trabajó con un grupo de personas con edades comprendidas entre los 72 y los 98 años de una residencia de la tercera edad, llevando a cabo un entrenamiento de fuerza intenso de 10 semanas de duración a razón de 3 sesiones semanales de 45 minutos y consiguió un aumento promedio de la fuerza de un 113% (Fiatarone 1994). Muchos de los participantes estaban discapacitados para andar, algunos presentaban fracturas por osteoporosis, artritis o enfermedades respiratorias. En otro estudio realizado sobre personas con edades comprendidas entre los 86 y los 96 años se comprobó un aumento de la fuerza de hasta el 174% después de 8 semanas de un entrenamiento de fuerza intenso (Fiatarone 1990). También después de un período de entrenamiento de 1 año, con variación en la frecuencia de los entrenamientos con personas con edades comprendidas entre los 70 y los 77 años de edad, se observó un aumento de la fuerza del 50-60%, dependiendo de la articulación, una vez finalizadas las 11 primeras semanas; este aumento se mantuvo durante el medio año siguiente con un entrenamiento semanal. Después de intensificar de nuevo el entrenamiento a razón de 3 sesiones semanales se demostró de nuevo un aumento de la fuerza del 32% conseguido durante las 11 semanas siguientes (Lexell).

Con el aumento de la fuerza también se registro un aumento de la superficie transversal del músculo de entre el 3 y el 11% en períodos de entrenamiento de 8 a 12 semanas (Fiatarone 90 + 94, Frontera). En su trabajo anual sobre mujeres con edades comprendidas entre los 50 y los 70 años, *Nelson* consiguió un aumento de la masa muscular de 1,2 kg respecto a una pérdida de 0,5 kg en el grupo de control de las mujeres que no entrenaban (*Nelson*). El entrenamiento con cargas mayores tuvo como consecuencia en primera línea un aumento del diámetro de las fibras FT (*Charette*).

Debido a las grandes fuerzas de tracción condicionadas muscularmente, con el entrenamiento de fuerza realizado con grandes resistencias también se produce un incremento de la mineralización ósea. Después de un entrenamiento de un año de duración a razón de 2 veces por semana con sesiones de 45 min. de duración al 80% de la $F_{m\acute{a}x}$. se constató un 1% de aumento de la densidad ósea en el cuello del fémur y en la columna lumbar en mujeres con edades comprendidas entre los 50 y los 70 años, respecto a la pérdida de un 2% en el grupo de control no entrenado (*Nelson*).

La masa muscular recuperada tiene a su vez un efecto de aumento del metabolismo, pues ya hemos visto que la musculatura representa el mayor órgano metabólico del ser humano. Tiene lugar un mayor aumento del consumo energético, lo que a su vez produce una disminución de la grasa intercelular y subcutánea. Después de 16 semanas de entrenamien-



Fig. A-9 Bill Pearl (60 años) en pleno entrenamiento de la fuerza. (Foto: SPORT & FITNESS, Benno Dahmen).

to a razón de 3 sesiones semanales con mujeres de 67 años, *Treuth* describió, además de un aumento de la fuerza del 67%, una disminución del 7% de la grasa subcutánea y del 10% de la grasa intercelular con un aumento muscular del 5% (*Treuth*).

Los factores cardiovasculares en personas mayores también mejoran. Así, se redujeron los valores de la presión arterial en reposo de un grupo de personas de 68 años con la hipertensión tras efectuar un entrenamiento de 6 meses (*Martel*). Con el aumento de la masa muscular en las personas mayores se forman también nuevos capilares, el $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$. aumenta y la captación de O_2 por el músculo se incre-

menta (Hepple). Cuando el cuerpo se ve sometido a cargas importantes, como subir escaleras corriendo, el hecho de que exista un mejor aporte energético local en el músculo permite la descongestión del músculo cardíaco.

Según *Lee*, la practica de una actividad deportiva suficiente con frecuencia semanal, que se mueva dentro de un consumo calórico de 1.500 a 3.000 kcal, aumenta la longevidad (*Lee*). Pero no sólo una vida más larga, sino también y especialmente el aumento de la calidad de vida, en el sentido de vivir sin padecer dolencias y aumentar el rendimiento, es un objetivo deseable. Según *Hollmann*, el hombre puede vivir una media de 90 años (± 10 años) antes de que aparezcan enfermedades degenerativas o terminales (*Hollmann* 1996). Las patologías del sistema locomotor son evitables hasta esta edad, según se ha explicado.

Especialmente interesantes son los efectos del entrenamiento de fuerza en la vida cotidiana.

Fiatarone, en su investigación de 10 semanas de duración con participantes con edades comprendidas entre 72 y 98 años, demostró un aumento de la velocidad de la marcha del 12% y un aumento del 28% de la capacidad para subir escaleras (*Fiatarone* 1994). Es más sencillo levantarse de una silla, la bipedestación es más fácil y más estable, se reduce notablemente el riesgo de caídas, mover y transportar objetos resulta más sencillo y en general se desarrolla la participación activa tanto en las actividades de la vida cotidiana como en una actividad

deportiva amplia. Algunos de los efectos más importantes del entrenamiento muscular diferenciado para las personas mayores se presentan resumidos en la tabla A-5.

Ejemplos de personas mayores activas que practican deporte

Beverly Crown empezó a los 43 años, después del nacimiento de su tercer hijo, a practicar el entrenamiento muscular diferenciado (de fuerza) en un gimnasio. Por aquel entonces pesaba 90 kg con una estatura de 170 cm y decidió hacer algo por su figura. Nueve años más tarde esta americana de 52 años pesaba 63 kg y con su cuerpo entrenado participó en los campeonatos de culturismo, en los que arrebató el título a muchas participantes más jóvenes. *Beverly* dijo que cualquier mujer puede conseguir una figura así alimentándose correctamente y entrenando de manera intensiva, y continuó: “Soy la prueba de que es posible dar la vuelta al tiempo”. El levantador de potencia y de pesos alemán *Willi Müller*, que demostró una constancia de rendimiento muy alta en ambas disciplinas durante décadas, todavía era capaz, con 55 años, de levantar 314 kg en peso muerto. *Carl Norberg* se cuenta con toda seguridad entre las personas mayores fuertes más sobresalientes. Este antiguo pescador de Suecia/Estados Unidos no había perdido nada de su fuerza a los 74 años. Levantaba sin problema 215 kg en press de banca, e incluso a los 82 años podía levantar 150 kg en esta disciplina. *Sara Thompson*, de 74 años, se autorrecetó el

Tabla A-5. Efectos específicos del entrenamiento de fuerza en las personas mayores

Efectos del entrenamiento de la fuerza en personas mayores
● Mejora considerable del estado general de salud
● Aumento considerable de la fuerza y su mantenimiento
● Creación de una masa muscular bien formada
● Prevención de lesiones y de múltiples patologías del aparato locomotor, prevención de la aparición de artrosis
● Desaparición de los síntomas de lesiones ya existentes y de los síntomas de desgaste
● Mantenimiento del hueso e incluso logro de una mayor densidad ósea
● Cartílago articular más estable, mejora de la lubricación articular y de la estabilidad articular
● Mejora de la movilidad y capacidad de movimientos más rápidos
● Mejora de la movilidad diaria-facilidad para llevar a término las actividades de la vida cotidiana; aumento de la velocidad de la marcha y al subir escaleras; se hace más fácil llevar bolsas y maletas, la bipedestación, levantarse de una silla. Mejoran las reacciones al caerse o al tropezar, mejora el equilibrio y se reduce con ello el riesgo de caídas
● Estimulación de la actividad visceral, con la consiguiente mejora de la actividad intestinal, especialmente al efectuar ejercicios abdominales
● Refuerzo de los músculos respiratorios
● Claro aumento del metabolismo
● Efectos beneficiosos sobre los parámetros cardiovasculares, por ej. normalización de la frecuencia cardíaca en reposo (Martel) y del aporte energético local
● Disminución del tejido graso subcutáneo e intercelular (Treuth)
● Efectos beneficiosos sobre la diabetes del adulto
● Efectivo antidepresivo en personas mayores con síntomas de depresión (Singh 1997)
● Mejora de la calidad del sueño (Singh 1997)
● Aumento de la actividad cerebral; efectos positivos sobre la capacidad de reacción y sobre la capacidad de memoria (Hollmann 30.8.1996)
● Aumento de la autoestima y de la confianza en uno mismo
● Aumento de la percepción corporal
● Provocados por la práctica general de deporte, efectos beneficiosos entre los que cuentan:
● Aumento de la longevidad por el consumo adicional de 1.500 a 3.000 kcal semanales que supone la práctica de deporte (Lee)
● Mayor ingestión de líquidos que tiene un efecto compensatorio de la pérdida de líquidos que se produce con la edad (Israel 1995)

Para conseguir los efectos mencionados en esta tabla, se debe confeccionar un entrenamiento muscular diferenciado para personas mayores, orientado en los 12 principios EF y que tenga en cuenta las especificaciones del principio EF 12.

entrenamiento de fuerza. Afirmaba que “el entrenamiento con pesos era su elixir de la juventud”, participaba en campeonatos de levantamiento de peso de su categoría y con sus 1,62 cm superó 137 kg en peso muerto y 110 kg en sentadilla.

Estas personas extraordinarias no deben ser un modelo para todos, pero nos demuestran que la edad no es un factor limitante, que la libertad de movimientos y la capacidad de rendimiento también pueden estar presentes a edades avanzadas, y también nos enseñan que para conseguirlo debemos actuar.

hacerla desistir de su decisión de hacerse miembro del gimnasio, preocupados por su forma física. Pero su entusiasmo venció y actualmente es alentada y admirada por entrenadores y miembros del centro. Lo que ha conseguido Penelope Thompson tras 14 años de entrenamiento es extraordinario. Con 70 años no podía levantar ni 15 kg y actualmente levanta 5 veces este peso. Aquí no podemos hablar de retardar el proceso de envejecimiento natural, sino que debemos hablar de un enorme aumento del rendimiento a edades muy avanzadas. Sus nietos y bisnietos están muy orgullosos de su fuerte Granny Kanadas.

Penelope Thompson

Esta canadiense de 163 cm de estatura y 61 kg de peso es, a sus 84 años, una bisabuela muy especial. Se entrena de 5 a 6 veces por semana durante 1 a 2 horas diarias con pesos y tiene una forma corporal que envidiarían muchas mujeres de 40 años. “Formo parte de los conciudadanos viejos, pero nunca me había sentido tan fuerte en mi vida”, afirma esta viuda residente en Toronto con 4 hijos, 13 nietos y 5 bisnietos. Con la impresionante forma física que demuestra con sus 75 kg de press de banca, todavía puede enseñar algo a la mayoría de las deportistas.

Y esto sin proceder de una larga carrera deportiva, ya que todo empezó a la edad de 70 años. Por aquel entonces su nieto la llevó por primera vez a un gimnasio, porque le quería enseñar el deporte que practicaba y el entrenamiento que hacía. Desde el primer momento ella quedó fascinada por el entrenamiento de fuerza, pero los entrenadores intentaron

18 MEJORA DEL DESARROLLO Y DE LA CONDICIÓN FÍSICA DEL NIÑO Y EL ADOLESCENTE

Muchas veces se rechaza el entrenamiento de fuerza en los niños por miedo a provocar una sobrecarga. Se piensa que podría provocar lesiones o un cierre prematuro de las juntas de crecimiento en los huesos (cartilago epifisario). En lo que se refiere al entrenamiento de la fuerza durante la pubertad se piensa que igualmente tendría poco sentido debido al bajo nivel de testosterona existente. Pero contrariamente a lo que expresan todas estas viejas ideas, el entrenamiento de fuerza tiene una serie de efectos extraordinarios beneficiosos y muy importantes, tanto en niños como en adolescentes. La pregunta ¿a partir de cuándo deberíamos empezar el entrenamiento de fuerza? está mal planteada. ¡En el mundo en que vivimos no tenemos otra opción! La cuestión que se plantea es

únicamente cómo podemos organizar el entrenamiento de la fuerza en función de cada edad.

Debemos hacernos a la idea de que desde el momento en que el bebé abandona las entrañas de la madre ¡empieza para él el entrenamiento de fuerza! A partir de este momento el bebé se ve confrontado con la gran fuerza de la gravedad. Podemos considerar por ej. la fase en la que el bebé intenta levantar y sostener la cabeza estando boca abajo. Es por todos conocido que el peso de la cabeza del bebé es enorme en relación con el peso del cuerpo del bebé, y además, estando boca abajo el brazo de palanca es todavía mayor, lo que produce finalmente un momento de rotación que se corresponde con una resistencia tan grande como la del entrenamiento de fuerza para los músculos extensores de la columna cervical (CC). El entrenamiento de fuerza no es un sinónimo de pesos o de halteras, sino que significa únicamente verse confrontado con resistencias lo suficientemente elevadas y aprender a superarlas. Cuando el niño aprende a caminar debe superar de nuevo altas resistencias que se presentan aquí en forma de superación del peso corporal. ¿Ha observado alguna vez la fuerza que debe hacer un niño pequeño cuando empieza a subir escaleras? A continuación debe hacer flexiones de rodilla unilaterales debido a la desproporción geométrica entre la pierna del niño y la altura del escalón. Más tarde los niños aprenden a subirse a las alturas, escalan en los parques infantiles, les gusta saltar

desde cajas, escalones o paredes y luchan y se pelean unos con otros. El peso del cuerpo se desplaza en todas direcciones, también apoyándose y siendo sometido a tracción, y aparece la dinámica. La vida de un niño pequeño de hasta 6 años está marcada por el entrenamiento de la coordinación de la misma manera que lo está ampliamente por el entrenamiento de fuerza en muchos aspectos.

A partir de la edad escolar (o incluso antes si les ha invadido la cultura del videojuego o de Internet) estos estímulos de movimiento y de resistencia se verán fuertemente reducidos. Y así vemos que más del 50% de los niños y jóvenes de 8 a 18 años presentan problemas posturales (Hollmann 1990, Cordel 1975) y, en correspondencia, la fuerza corporal en muchos está débilmente desarrollada. En un estudio norteamericano se encontró que un tercio de todos los chicos y dos tercios de todas las chicas adolescentes no eran capaces de realizar siquiera una dominada (Roberts 1994). Aparece como media un aumento porcentual de la grasa corporal y la capacidad de estabilización y de carga se desarrollan de forma insatisfactoria, especialmente en la fase de crecimiento longitudinal (ver enfermedad de Scheuermann, cap. D).

El entrenamiento de fuerza produce, siempre que se realice correctamente, el aumento de la fuerza en cualquier período del crecimiento del niño y del adolescente, tanto durante y después de la pubertad como antes; las cifras se sitúan en un 20 a un 40% en tratamientos de 8 a

18 semanas de duración (entre otros Falk, Faigenbaum, Sewall).

En jóvenes puberales también se demostró un cierto crecimiento muscular. Especialmente los puntos de inserción tendinosa en el hueso, las superficies cartilaginosas, el aparato capsuloligamentario y la formación ósea se hacen más resistentes a la tracción y a la compresión, o sea, más resistentes a la carga. Las lesiones del cartílago epifisario sólo se pueden producir por la aplicación de cargas muy altas como las que representan accidentes, grandes caídas, saltos, lanzamientos muy fuertes y golpes o eventualmente por el levantamiento de pesos clásico (arrancada en dos tiempos con cargas demasiado altas) (Fleck 1997). El entrenamiento muscular diferenciado ofrece, en contraposición a las formas de entrenamiento dinámicas, estímulos de resistencia dosificados y controlables al mismo tiempo que ofrece cargas correctas para las estructuras pasivas. Debemos ser conscientes de que por ej. ¡la carga a la que se ve sometido el sistema esquelético al saltar de una pequeña pared es más elevada que todo lo que se le exige a un organismo joven en un entrenamiento muscular diferenciado! Los jóvenes atletas se lesionan en la práctica deportiva frecuentemente porque su cuerpo todavía no está preparado para poder absorber las cargas físicas específicas de su deporte (Micheli).

La fuerza corporal es un componente esencial de la condición física de niños y niñas y no “algo que vendrá más tarde”. Es la clave para un desarrollo corporal

seguro, fisiológico y con capacidad de rendimiento. Por supuesto se debería empezar precozmente con un entrenamiento muscular diferenciado siempre que se ambicione practicar algún deporte de competición, con tal de crear una base estable, equilibradora y potente. Los aspectos más importantes y las ventajas de un entrenamiento muscular diferenciado para niños y adolescentes están resumidos en la tabla A-6.

19 EFECTOS BENEFICIOSOS SOBRE EL METABOLISMO CEREBRAL Y SOBRE LA PSIQUE

Mediante el trabajo muscular dinámico se produce un considerable aumento de la irrigación local del cerebro, la cual puede aumentar hasta un 50% (Hollmann 1993). Este fenómeno era incluso conocido por Goethe, que formulaba: “El desgaste de tus zapatillas al correr se verá duplicado en tu bienestar mental”. Por el contrario la actividad muscular estática pura no provoca ningún tipo de estímulo circulatorio. *Hollmann* constató que al efectuar actividades musculares con grandes exigencias de coordinación se producía una regeneración de las dendritas y de la membrana aracnoidea en el cerebro (Hollmann 30.8.1996). Esto significa por ej. que la realización de un entrenamiento de la fuerza con ejercicios que requieran un alto nivel de coordinación en aparatos de tracción o con halteras tiene un efecto beneficioso sobre el rendimiento de la memoria a corto plazo.

Tabla A-6. Efectos específicos del entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes

Efectos del entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes	
●	Claro aumento de la fuerza corporal ya antes de la pubertad
●	Efectos beneficiosos para la postura
●	Efectos compensadores de la inmovilidad y de la falta de estímulos de carga (escuela, ordenadores, TV)
●	Aumento local de la resistencia de fuerza
●	Mejora de la estabilidad articular
●	Prevención de posibles lesiones al practicar otros tipos de deporte
●	Mejor dominio, más rápido y más seguro del propio peso corporal
●	Mejora de las capacidades motrices, además de la fuerza, especialmente la rapidez, la movilidad y la coordinación
●	Base ideal, complemento y mejora del rendimiento en la práctica de otros tipos de deporte
●	Reducción de la grasa corporal, mejor composición corporal
●	Aumenta la solidez del conjunto de estructuras pasivas (ver antes)
●	En caso de que se aspire a practicar un deporte de competición, el entrenamiento muscular diferenciado puede desarrollar un aparato locomotor más resistente a las cargas
●	Especialmente durante las fuertes fases de crecimiento longitudinales, el entrenamiento de fuerza sirve como ayuda considerable para la estabilización
●	Mejora de la sensación corporal
●	Mejora de la confianza en uno mismo y de la autoestima
●	Acondicionamiento en los jóvenes para llevar una vida saludable y deportiva

Para alcanzar estos efectos de una forma saludable, además de cumplir con los 12 principios EF, hay que tener en cuenta otras especificidades de organización ligadas a la edad (ver principio EF 12).

Cualquier tipo de actividad corporal un poco exigente tiene un efecto motivador y causante de buen humor, una técnica que cualquiera puede aplicar siempre. Esta medida tan simple se utiliza en todos los seminarios de automotivación y su efecto se puede sentir y experimentar en la práctica de cualquier ejercicio deportivo y de forma especial en el entrenamiento de fuerza intensivo. A este efecto, al

entrenamiento de fuerza se le añade que la mejora postural que se produce a largo plazo tiene un efecto estimulante sobre la conciencia de uno mismo. Ya es de todos conocido que la psique influye sobre la postura, todo el mundo sabe cómo se sienta cuando se siente frustrado o derrotado. Como muy tarde después del conocimiento de programación neurolingüística (PNL) también se reconoce la validez

del efecto de rebote, el hecho de que la fisiología influye la psicología. Entre otras cosas, una posición erguida y fuerte mantenida tiene efectos beneficiosos sobre la psique. Hay otro efecto que se produce al realizar unidades de entrenamiento especialmente intensivas. Normalmente se producen acumulaciones locales de lactato en la zona del cuerpo cargada que se acompañan de un aumento de la secreción de endomorfina, lo que produce un aumento de la sensación de bienestar (Hollmann 30.8.1996).

En pacientes de una clínica psiquiátrica que se debatían con diversos tipos de miedos, *Martins* encontró que después de iniciar un entrenamiento de fuerza de 8 meses se aliviaban notablemente los síntomas del miedo (Martinsen 1989). Las

tasas de depresión en los pacientes con una gran tendencia a presentar depresiones se redujeron considerablemente con la práctica del entrenamiento de fuerza (Martinsen 1990). Éste puso de manifiesto, entre otros fenómenos, que tras la finalización del programa de entrenamiento más de la mitad de los pacientes continuaron con el entrenamiento de fuerza.

La experiencia corporal de la mayoría de participantes en este entrenamiento se manifiesta por una mayor sensación de bienestar corporal (Mrazek). La autoexperimentación en el entrenamiento y especialmente el aumento de la fuerza conducen al aumento de la autoestima y estimulan la conciencia de uno mismo.

B. Fundamentos

Las bases presentadas a continuación contienen las descripciones más importantes de los movimientos, direcciones y situación del cuerpo humano, las bases físicas utilizadas y una información breve sobre la parte de entrenamiento que se presenta en el apartado de ejercicios.

Para más claridad hemos dejado de lado representaciones como la de la histología de los diferentes tipos de tejidos, de las vías de conducción de los estímulos y de la contracción muscular, de los diferentes tipos de articulación o del sistema de aporte energético. Si el lector tiene un interés especial por estos temas, dispone de explicaciones detalladas en la bibliografía especializada.

1 DEFINICIONES EN EL CUERPO

Se han descrito puntos determinados, direcciones y amplitudes del movimiento partiendo de puntos de referencia estandarizados, así como indicaciones de movimiento, dirección y situación que permitan una identificación inequívoca en el cuerpo humano. De esta forma podemos describir más fácilmente la posición de las articulaciones, la posición del cuerpo, las pruebas musculares funcionales y los ejercicios de carga y de entrenamiento de la fuerza.

1.1 Denominación de las direcciones y situación del cuerpo en el espacio

El cuerpo humano, como cualquier cuerpo situado en el espacio, se puede describir a partir de tres planos. Se utilizan los tres **planos corporales** siguientes, perpendiculares entre sí (Fig. B-1):

El *plano frontal* es un plano situado paralelamente a la frente, que separa el cuerpo en una mitad anterior y otra posterior (corte longitudinal).

El *plano sagital* separa el cuerpo en una mitad derecha y una mitad izquierda (corte longitudinal).

El *plano transversal*, finalmente, separa el cuerpo en dos mitades, una superior y otra inferior (corte transversal).

Para las **indicaciones de situación y de dirección** son importantes las siguientes denominaciones:

Ventral-dorsal

Esta indicación de dirección se utiliza en el tronco. Ventral significa hacia el vientre y dorsal significa hacia la espalda (ej.: las costillas se unen en la parte ventral con el esternón y en la parte dorsal con la columna vertebral).

Medial-lateral

Medial (interno) significa en dirección a la línea media del cuerpo y lateral (externo) significa hacia el exterior (ej.:

vasto *medial* = músculo en la parte interna del muslo y vasto *lateral* = músculo en la parte externa del muslo).

Craneal-caudal

Craneal significa hacia la cabeza y caudal, hacia los pies (ej.: la columna vertebral está unida *cranealmente* con la cabeza y *caudalmente* con la pelvis).

Proximal-distal

Proximal significa hacia el centro del cuerpo y distal, hacia la periferia (ej.: la articulación radiocubital *proximal* se encuentra en el codo y la articulación radiocubital *distal*, en la muñeca).

Anterior-posterior

Anterior significa que está situado delante y posterior, que está situado detrás (ej.: espina iliaca *anterosuperior* y espina iliaca *posterosuperior*).

Superior-inferior

Superior significa por encima de e inferior, por debajo de (Ej.: *supraespinoso* = que se encuentra por encima de la espina de la escápula, en contraposición con el *infraespinoso*, que está situado por debajo de la espina de la escápula).

Plantar-palmar

Plantar designa la planta del pie y palmar la superficie interna de la mano; la cara posterior tanto del pie como de la mano se denomina dorsal.

Ipsolateral-contralateral

Ipsolateral se refiere a que está situa-

do en el mismo lado del cuerpo; *contralateral*, en cambio, que está situado en el lado contrario (ej.: al efectuar la inclinación lateral del tronco contra resistencia, los músculos solicitados son los músculos oblicuos interno y externo ipsolaterales; al efectuar la rotación del tronco, los músculos responsables son el interno ipsolateral y el externo contralateral).

1.2 Descripción de los movimientos

Según la geometría de que disponga, en una articulación se puede efectuar uno o más de los siguientes movimientos básicos.

Flexión-extensión

La flexión describe el movimiento de doblar y la extensión, el de estirar una articulación. Los músculos pueden ser flexores o extensores; algunos músculos poliarticulares desempeñan ambas funciones (por ej.: el recto femoral tiene una función flexora de la cadera y extensora de la rodilla).

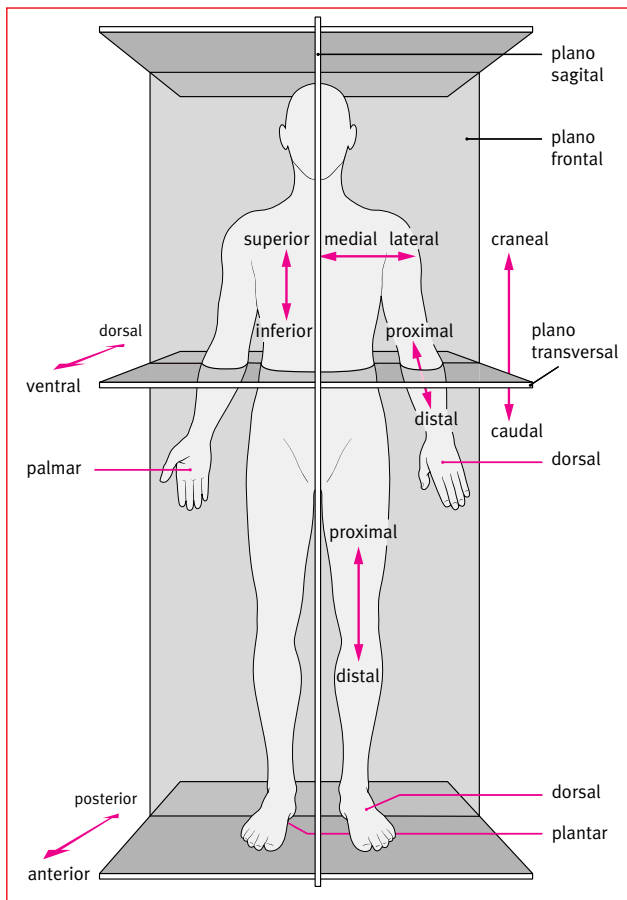
Aducción-abducción

La abducción es la separación y la aducción el acercamiento. En la zona de las piernas se habla explícitamente de los aductores y de los abductores. En la columna vertebral, a esta forma parecida de movimiento se la denomina flexión lateral.

Rotación interna-rotación externa

La rotación interna y la externa se efectúan perpendicularmente al eje de la pierna o del brazo y describen un movimiento de giro hacia dentro y hacia

Figura B-1 Planos corporales, denominación de las direcciones y de la situación del cuerpo en el espacio



fuera. En la columna vertebral hablamos de rotación derecha y rotación izquierda.

Supinación-pronación

Describe explícitamente el movimiento de giro de la mano y del pie. Al efectuar la supinación la palma de la mano gira hacia arriba y al efectuar la pronación, hacia abajo.

Flexión plantar-flexión dorsal

Se describe así el movimiento de flex-

ión y de extensión del pie (articulación talocrural). En la flexión plantar la punta del pie se dirige hacia abajo, en la flexión dorsal hacia arriba.

Elevación-descenso

Se describen así los movimientos de la escápula. El movimiento por el que la escápula se desplaza hacia delante se llama abducción o también protracción, y cuando se desplaza hacia atrás se llama aducción o retracción.

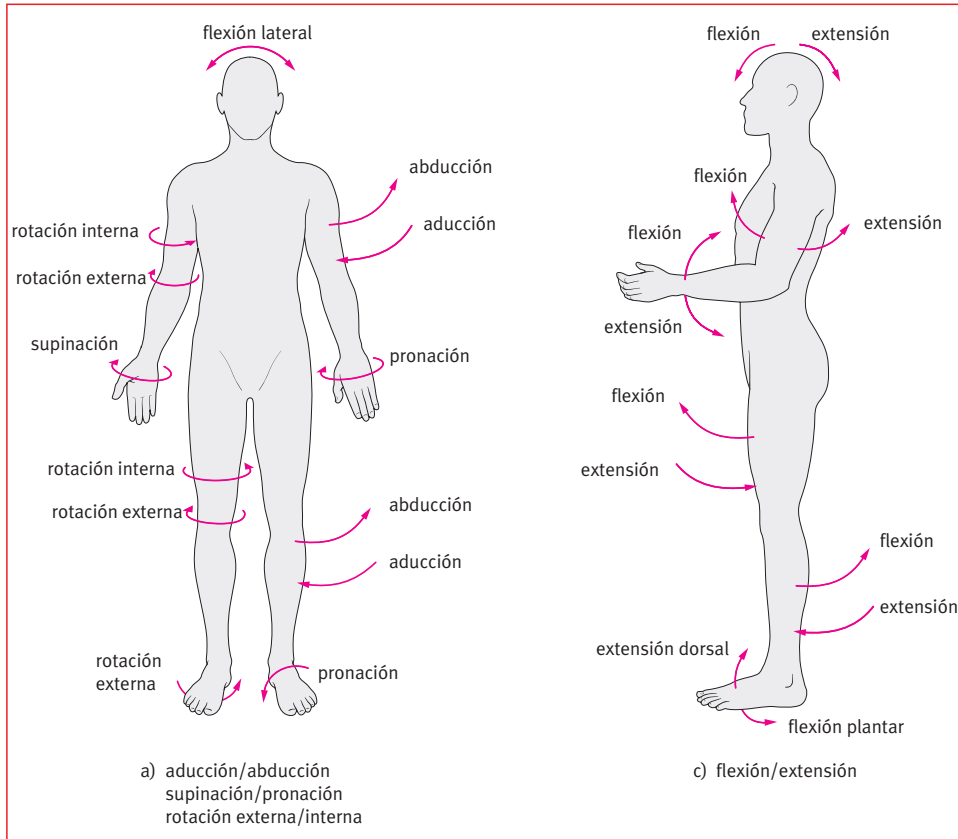


Figura B-2 Algunos movimientos básicos. a) Abducción/aducción; rotación interna y externa; supinación/pronación, b) Flexión/extensión

Si se trabaja contra resistencia, en cada movimiento articular se puede diferenciar dos movimientos parciales: la fase concéntrica y la fase excéntrica.

Fase de movimiento concéntrica

Fase del movimiento en la que se produce la superación por los agonistas o sinergistas. Ej.: en el movimiento de flexión del brazo con una mancuerna, en la

fase concéntrica el peso se desplaza hacia arriba contra la fuerza de la gravedad (los puntos fijos de los músculos agonistas se acercan).

Fase de movimiento excéntrica

Fase de movimiento en la que se aleja. Por ej.: en el ejercicio anterior, en la fase excéntrica el peso desciende en la dirección de la fuerza de la gravedad de

forma controlada (los puntos fijos de los músculos agonistas se alejan). En ambas fases del movimiento actúan los mismos músculos agonistas, en este caso los flexores del brazo, que efectúan un trabajo concéntrico en un caso y excéntrico en el otro. No debemos confundir estas dos fases con el **entrenamiento concéntrico y excéntrico**, que se define por la magnitud de las resistencias. El entrenamiento concéntrico se realiza con resistencias $\leq 100\%$ de la $F_{m\acute{a}x}$. el entrenamiento excéntrico describe la aplicación de una resistencia con la que *sólo* se puede alejar controladamente pero que no se puede superar; resistencias $> 100\%$ de la $F_{m\acute{a}x}$.

1.3 Puntos de referencia partiendo de la posición neutra

En todas las articulaciones podemos describir una amplitud del movimiento máxima que tiene lugar dentro de una o de más direcciones de movimiento, que se puede dar como punto de referencia absoluto (por ej. 140° de movilidad en la flexión y extensión de la cadera). Pero para entendernos y saber por ej. qué significan 60° en el ángulo de la rodilla, se debe fijar a partir de qué posición de partida cuentan los 60° . ¿Cuándo está la articulación en posición neutra-cero? En este libro nos basamos en el método neutro-cero. Esto significa que, por definición, indicaremos con 0° todos los ángulos articulares que se crean al mantener la posición en bipedestación erguida y relajada (fig. B-3) (por ej. los ángulos de la rodilla, del codo, del hombro o del tobi-

llo, así como los grados en cada segmento vertebral parten de 0°).

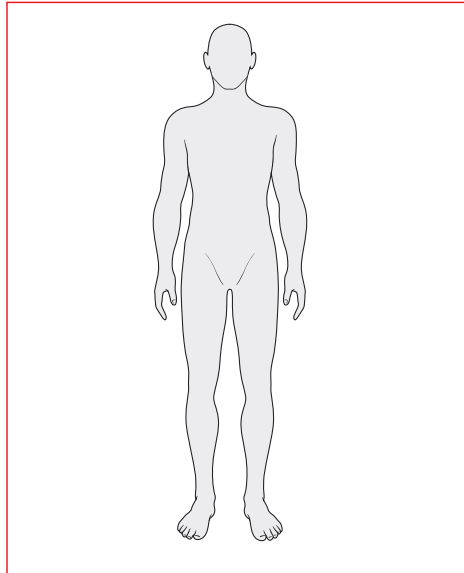


Figura B-3 Método neutro-cero: todos los ángulos articulares existentes en posición bípeda son de 0° por definición

2. FUNDAMENTOS FÍSICOS

De antemano explicaremos algunos términos de física relevantes para el entrenamiento de la fuerza y para ciertas consideraciones biomecánicas.

2.1 Fuerza

Fuerza F (en inglés *force*) se define como el producto de la masa m y la aceleración a . Un Newton (unidad de fuerza) es la fuerza necesaria para acelerar un cuerpo con una masa de un kilogramo en un segundo a una velocidad de un metro

por segundo (o 3,6 km/h). La fuerza será mayor cuanto mayor sea la masa acelerada y la aceleración impartida.

$F = m \cdot a$ (unidad: newton $N = kg \cdot m/s^2$)
Fuerza = masa por aceleración
(unidad: 1 newton = 1 kilogramo por 1 metro por segundo²)

Ejemplo: Cuanto más peso tenga un coche y mayor sea la aceleración producida, mayor será la fuerza producida por el motor y transmitida al suelo a través de los neumáticos.

El campo gravitatorio de la tierra, debido a su enorme masa, ejerce una gran aceleración sobre todos los cuerpos –la aceleración de la tierra es $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (en este libro hemos redondeado a 10 m/s^2)– en función de la cual todos los cuerpos se mueven hacia el centro de la tierra. Cualquier cuerpo que no esté cayendo al suelo, que esté colocado por ej. sobre el suelo o que sea sujetado por nuestra mano, se ve sometido a una aceleración contraria de la misma magnitud llamada fuerza, que debe producir la superficie sobre la que repose el objeto o nuestra mano. Si esta fuerza fuera menor, el objeto se vería acelerado hacia el suelo y, si la fuerza fuera mayor, el objeto se vería acelerado hacia arriba.

Ejemplo del entrenamiento de la fuerza

Si usted sostiene una masa de 100 kg, su cuerpo necesita ejercer una fuerza de 1.000 N. Si usted quiere mover esta fuerza en el aparato de poleas, para ace-

lerar el peso hacia arriba es necesaria una fuerza mayor de 1.000 N. Además, cuanto más rápidamente deba producirse la aceleración, mayor será la fuerza requerida (fig. B-4).

Si esta masa es acelerada en 0,2 s a una velocidad de movimiento de 0,5 m/s, o sea aceleración $a = v/t^2 = 2,5 \text{ m/s}^2$, la fuerza requerida aumenta a:

Fuerza de elevación $F = m \cdot g + m \cdot a$
Fuerza de atracción $F = m \cdot g$
Fuerza aceleradora adicional $F = m \cdot a$

$F = 1.000 \text{ N} + 250 \text{ N}$
 $F = 1.250 \text{ N}$ (fuerza de elevación en el primer momento de arranque)

Si se ha conseguido por ejemplo una velocidad de movimiento de 0,5 m/s y ésta no se aumenta, la fuerza necesaria para mantener el objeto en este trayecto de elevación es solamente la fuerza del peso, o sea. 1.000 N. Al iniciar el proceso de frenado la fuerza de elevación se ve primero reducida, hasta que la carga se encuentra en reposo en el punto más alto y debe aplicarse de nuevo toda la fuerza del peso. Si el peso es descendido de forma controlada en la fase de movimiento excéntrica, al inicio del movimiento excéntrico se requiere una fuerza menor a la fuerza del peso hasta que se ha alcanzado la velocidad de descenso.

$F = m \cdot g - m \cdot a$
Fuerza de sujeción $F = m \cdot g$
Fuerza decreciente $F = m \cdot a$

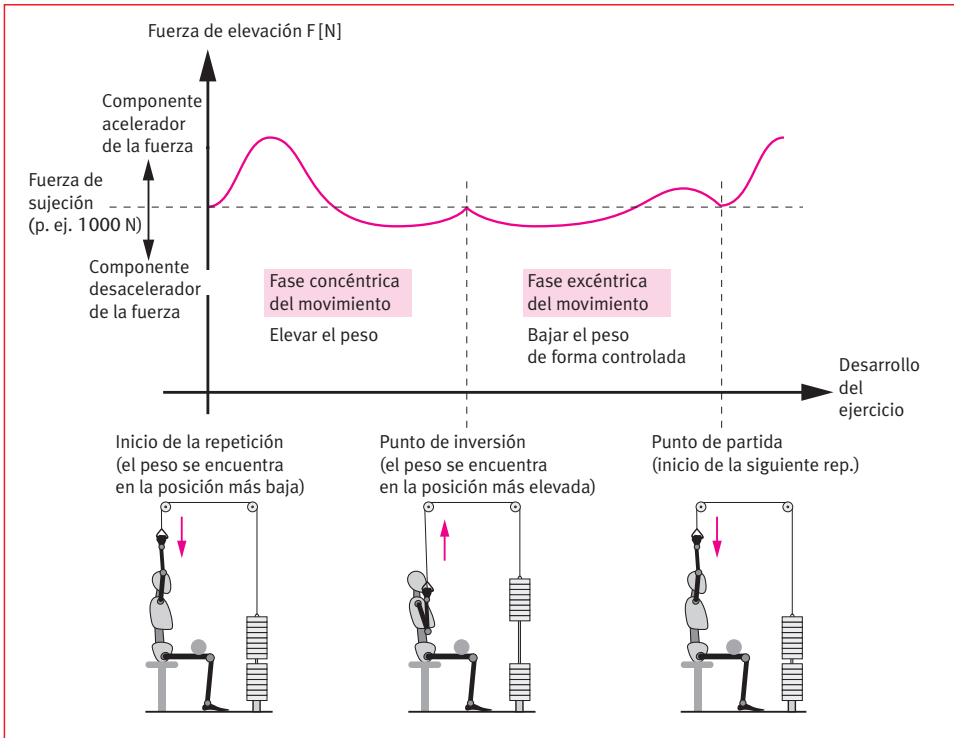


Figura B-4 Posible desarrollo de la fuerza de elevación en el ejemplo de una repetición efectuada en un aparato de poleas

Para el trayecto de descenso restante será de nuevo necesaria la fuerza del peso hasta que de nuevo sea necesaria una fuerza mayor para frenar completamente el peso en el punto de inversión del movimiento.

Además de la magnitud de la fuerza es muy importante la **dirección de la fuerza**. Las diferentes fuerzas que actúan sobre un cuerpo son sumadas vectorialmente; la suma de los vectores determina la dirección de movimiento del cuerpo. Si el cuerpo debe permanecer quieto y no acelerarse en ninguna dirección, la suma de todas las fuerzas debe ser cero (figura B-6b). En el entrenamiento de fuerza la

dirección de la fuerza tiene también una gran relevancia. Ésta es la que decide por ej. qué grupos musculares se debe activar, como se puede estabilizar (ver principio EF 5) y qué curva de resistencia genera (ver principio EF 2).

En las máquinas de tracción de poleas se puede variar las direcciones de las fuerzas; en los ejercicios con pesos libres se debería variar la posición del cuerpo en el espacio, ya que la fuerza de la gravedad siempre actúa hacia abajo perpendicularmente al suelo, y en las máquinas de entrenamiento de un solo eje se da el caso de la dirección de la

fuerza tangencial en relación con las fases del movimiento circular.

Información complementaria

Colisión de fuerzas

Si introducimos la magnitud de cantidad de movimiento $p = m \cdot v$, según la fórmula expuesta, la fuerza se puede representar también como una variación de la cantidad de movimiento en el tiempo:

$$F = m \cdot a = m \cdot dv/dt^2$$
$$F = d(m \cdot v)/dt = dp/dt$$

o bien $F \cdot dt = dp = \text{Impulso}$

Cuanto mayor sea el cambio de la cantidad de movimiento dp (el impulso), mayor y más explosivo será el efecto sobre un cuerpo determinado, una magnitud que posee gran relevancia para todos los que practican deportes de velocidad explosiva. Según la fórmula expuesta, el cambio de la cantidad de movimiento se expresa como colisión de fuerza $F \cdot dt$. Es decir, cuanto mayor sea el aumento de fuerza por unidad de tiempo, más rápido se conseguirá cierto máximo de fuerza y mayores serán la colisión de fuerzas y el cambio de la cantidad de movimiento. Cuanto mayor sea la colisión de fuerzas, más lejos llegará la bola o la jabalina, más largo será un salto, más fuerte el golpe de boxeo o más rápido el esprín (colisión de fuerza por cada paso).

2.2 Momento de rotación

Siempre que una fuerza actúa fuera del centro de gravedad del cuerpo, o fuera del centro de rotación del cuerpo, además del efecto propio de la fuerza, siempre resulta también un momento de rotación. Este momento de rotación es el resultado del producto de la fuerza F y del brazo de palanca l . Este brazo de palanca discurre a través del punto de rotación y perpendicular a la dirección de la fuerza. El momento de rotación intenta girar o torcer el cuerpo, en caso que éste esté fijado.

$$M = F \cdot l \text{ (unidad: Nm = newtonmetro)}$$

Usted conoce el ejemplo de la balanza. Si se sienta (con 80 kg de peso) exactamente en el punto medio de la balanza, no pasa absolutamente nada. Si, en cambio, se sienta 2 m alejado del punto de giro de la balanza, se crea un momento de rotación $M = 1.600 \text{ Nm}$. Siéntese ahora todavía medio metro más lejos, el momento de rotación será 2.000 Nm . La fuerza causada por su peso sobre la balanza, por ej. sobre el soporte, es en todos los casos igual, pero el momento de rotación varía considerablemente, con las correspondientes consecuencias que esto tiene para la balanza o para la otra persona que esté sentada en ella (fig. B-5).

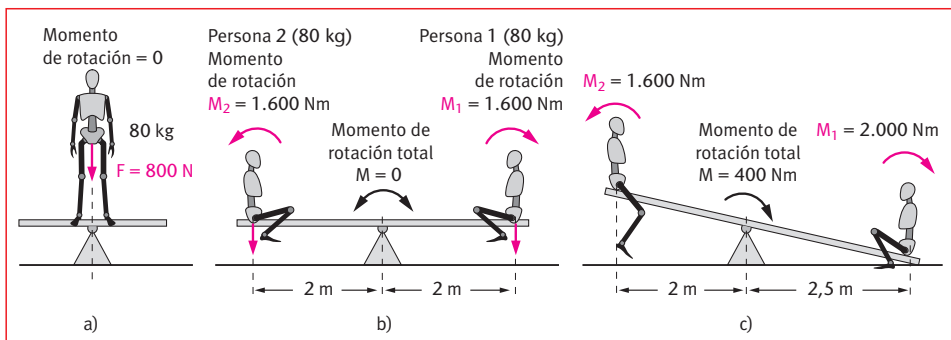


Figura B-5 Momentos de giro en el ejemplo de la balanza

Al efectuar un ejercicio de flexión del brazo con mancuernas, la carga externa constante actúa siempre perpendicular hacia abajo. El momento de rotación que actúa sobre la articulación del codo varía con el ángulo de flexión del codo. Al iniciar el ejercicio, el brazo de palanca es relativamente pequeño y el momento de rotación, también pequeño al principio, aumenta continuamente hasta los 90° de flexión del brazo a través del seno del ángulo de flexión para disminuir de nuevo (fig. B-6a).

En la figura B-6b se efectúa un cálculo de las fuerzas y de los momentos con el fin de valorar las fuerzas musculares y articulares en la flexión de codo lo más fielmente posible. Para simplificar, representaremos los tres flexores del brazo (bíceps braquial, braquial y braquiorradial) en uno solo, el bíceps braquial, y consideraremos la situación desde un punto de vista puramente estático. Conociendo los valores: brazos de palan-

ca l_1 y l_2 , y la carga de la mancuerna M (el peso del antebrazo estará incluido aquí para simplificar el cálculo), el equilibrio de los momentos nos da como resultado una fuerza de flexión del brazo F_{Bb} de:

Suma de momentos = cero:

$$\sum M = 0 \quad \text{o sea:}$$

$$F_M \cdot l_1 = F_{Bb} \cdot l_2$$

$$F_{Bb} = F_M \cdot l_1 / l_2 = 10 \cdot F_M = 1.000 \text{ N}$$

Vemos que con este ángulo el flexor del brazo debe efectuar una fuerza diez veces mayor al peso de la mancuerna; o sea, con una mancuerna de 10 kg, una fuerza de 1000 N (=100 kg). La fuerza de reacción F_j en la articulación resulta del equilibrio de las fuerzas (obsérvese la dirección de las fuerzas):

$$\sum F = 0 \quad \text{o sea:}$$

$$F_j = F_{Bb} - F_M$$

$$F_j = 900 \text{ N}$$

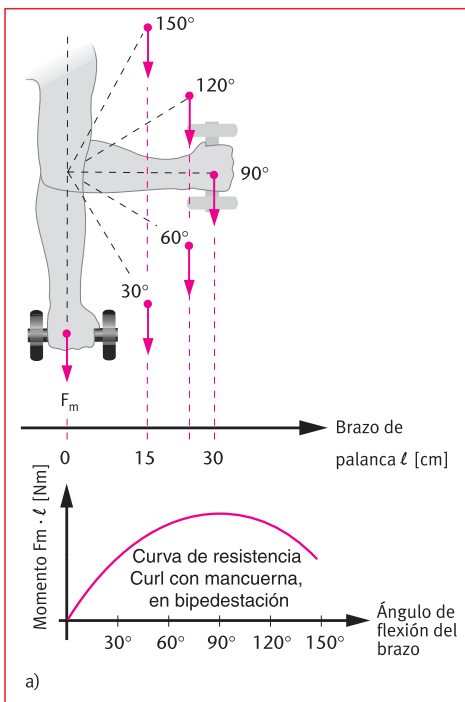
Si lo observamos respecto al ejemplo expuesto en el aparato de jalones en poleas, vemos que el peso a levantar ori-

gina los correspondientes momentos de rotación en todas las articulaciones implicadas, momentos que deben ser levantados por los músculos respectivos al efectuar el movimiento de elevación.

2.3 Trabajo

En física, el trabajo W (en inglés, *work*) se define como fuerza F por distancia s (aunque la única fuerza relevante para el trabajo es la que actúa en la dirección de la trayectoria):

$$W = F \cdot s \text{ (Nm = julio)}$$



Para levantar un objeto hacia arriba es necesario un **trabajo de elevación** equivalente al peso por el trayecto de elevación ya superado.

Para acelerar un coche, en cambio, también es necesario un trabajo, pero un **trabajo de aceleración** W_{cin} , que aumenta al cuadrado a medida que aumenta la velocidad v :

$$W_{cin} = 1/2 m \cdot v^2$$

Si queremos acelerar un cuerpo m que se mueve a una velocidad v_1 a una velocidad v_2 , debemos efectuar el siguiente trabajo de aceleración:

$$W_{cin} = 1/2 \cdot m \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

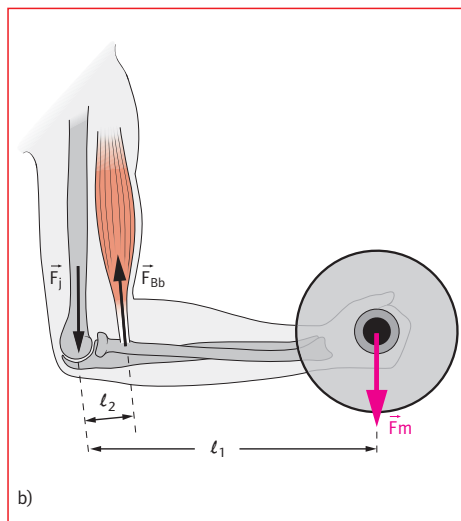


Figura B-6 Cálculo de fuerzas y momentos en el ejemplo de un ejercicio de flexión de brazo con mancuerna (M).

a Momento de rotación variable en función de la resistencia que actúa desde el exterior (curva de resistencia).

b Cálculo de fuerzas y momentos con el brazo flexionado 90°.

Esto significa que si usted quiere acelerar un objeto a 50 km/h más, el trabajo a efectuar dependerá de la aceleración que ya llevase el objeto. Por ej., se necesita tres veces más de trabajo para acelerar un cuerpo de 50 km/h a 100 km/h que para acelerarlo de 0 km/h a 50 km/h. La fuerza necesaria es en ambos casos idéntica; esta fuerza solamente debe ser aplicada a distintas velocidades.

Si se imprime **rotación** en un cuerpo, también aquí es necesario un **trabajo de aceleración**, trabajo que dependerá de la inercia de rotación del cuerpo J y análogamente de su velocidad angular ω (del griego: omega). La inercia de rotación es mayor cuanto mayor sea la masa y como más lejos se encuentre ésta del centro de rotación:

$$W_{\text{cin rot.}} = 1/2 \cdot J \cdot \omega^2$$

Si estiramos un cuerpo elástico, una banda elástica por ej. o un expander, es necesario un **trabajo de estiramiento** $W_{\text{elast.}}$, que crece al cuadrado a medida que aumenta el recorrido del estiramiento s y que depende de las constantes de estiramiento D del cuerpo elástico:

$$W_{\text{elast.}} = 1/2 \cdot D \cdot s^2$$

Si movemos un cuerpo contra otro, siempre aparece cierto rozamiento que va contra el movimiento. Al acelerar debemos superar este rozamiento, o sea, además del trabajo de aceleración, se debe efectuar también un **trabajo de rozamiento**:

$$W_{\text{rozamiento}} = F_{\text{rozamiento}} \cdot s$$

Si en un aparato de jalón en poleas levantamos el peso hasta medio metro de altura, el trabajo necesario para hacerlo es fuerza por recorrido, o sea, $1.000 \text{ N} \times 0,5 \text{ m} = 500 \text{ J}$. Esto significa que para levantar el peso se debe emplear 500 J. Además se debe realizar un trabajo de rozamiento adicional que dependerá de las propiedades de deslizamiento y de adherencia del cojinete de la polea de inversión y de la guía de pesos de la máquina de poleas. Aquel debe ser lo más pequeño posible con el fin de que no se creen picos de trabajo y de fuerza (rozamiento por adherencia), especialmente en los puntos de inversión.

2.4 Energía

La energía se define como la capacidad (estado) para ejecutar trabajo. La energía es, por tanto, almacenable. Podemos entenderlo con el ejemplo de un embalse. La reserva de agua que se encuentra por encima de la central hidráulica posee una energía (energía almacenada) que se libera cuando se abren las compuertas. Cuando el agua cae, la energía almacenada se transforma en energía cinética, que a continuación se utiliza para producir trabajo al poner en funcionamiento una turbina. El cálculo de la energía se hace aquí de forma parecida a las fórmulas de trabajo ya expuestas; el cuerpo posee energía almacenada después

de producir un trabajo de elevación, energía cinética tras producir un trabajo de aceleración y energía elástica tras el correspondiente trabajo de estiramiento.

En el caso de la energía cinética, por ej., un objeto que se desplaza a 100 km/h dispone de una energía cinética cuatro veces mayor que si solamente avanzara a 50 km/h (mucho más del doble). La energía cinética, como la energía elástica, aumenta a medida que aumenta la velocidad y/o el recorrido de estiramiento, y no de forma lineal, sino al cuadrado.

Si en un aparato de jalón de poleas levantamos el peso hasta medio metro de altura, el trabajo necesario para hacerlo es, como ya hemos visto, 500 J. En este punto, más elevado, el peso posee una energía de 500 J más que en el punto bajo. Si se soltara el peso cuando se encontrara justo en el punto más alto, esta energía almacenada se transformaría primero en energía cinética al caer y, al chocar con el suelo –por mala suerte para el amo del aparato–, se produciría un calentamiento local, una deformación y ¡mucho ruido!

2.5 Potencia

La unidad de P (en inglés *power*), se define como trabajo por unidad de tiempo. Cuanto más rápidamente se ejecute un trabajo o cuanto más trabajo por unidad de tiempo se produzca, mayor será la potencia:

$$P = dW/dt \text{ (unidad: J/s = vatios)}$$

Si lo que interesa es la potencia momentánea, para un corto intervalo del trayecto se puede tomar la constante de fuerza. De ello resulta la potencia momentánea, igual a fuerza por velocidad:

$$P = F \cdot ds/dt = F \cdot v$$

Si en el ejemplo citado se levantan 100 kg 10 veces en la máquina de poleas, se necesitará un trabajo de 5 kJ. Si en el primer caso se ejecuta este trabajo en un minuto de tiempo, la potencia es 83,3 W. Si en el segundo caso este trabajo se ejecuta en 20 segundos, potencia producida es 3 veces superior, o sea, 250 W. Diremos pues que una potencia elevada consiste en ejecutar el máximo trabajo posible en un tiempo determinado.

2.6 Tipos de carga

Si hay una serie de fuerzas que actúan sobre un cuerpo, éste se verá sometido a diferentes cargas según sea su geometría y propiedades y según la dirección de la fuerza. Hablaremos de cinco tipos de carga distintas: cargas de compresión, de tracción, de torsión, de empuje y de flexión, que se han representado esquemáticamente en la figura B-7. En determinadas circunstancias pueden aparecer naturalmente combinaciones de las distintas cargas.

Tracción y compresión

Con las presiones de tracción o de compresión, la fuerza actúa perpendicularmente al cuerpo. La carga de compresión o tracción σ se calcula de la fuerza F por el área A :

$$\sigma = F/A \text{ (N/m}^2 \text{ [newton por metro cuadrado] = Pa [pascal])}$$

Los huesos del cuerpo humano que son sometidos regularmente a grandes cargas de compresión, como el fémur, muestran gran capacidad de resistencia a dichas cargas. El valor medio de resistencia a la compresión del fémur en dirección longitudinal ideal es 167 MPa, un valor considerable. Esto significa que, en esta dirección, el fémur puede soportar cargas de 16,7 kg por mm² de superficie ósea antes de que se produzca una fractura. Su resistencia a la tracción, en cambio, es notablemente menor, 121 MPa, en correspondencia con las cargas

a las que se ve sometido cotidianamente, como correr, saltar y transportar objetos. En los huesos radio y cúbito observamos en cambio un comportamiento diferente. Su resistencia a la tracción, 148 MPa, es claramente superior a su resistencia a la compresión, 115 MPa (Riegger-Krug). De hecho, estos huesos están sometidos en gran medida a cargas de tracción cuando se realizan movimientos como levantar objetos o transportarlos, o bien levantar o acercar el cuerpo a un punto determinado.

Flexión

Se produce una carga de flexión cuando la fuerza que actúa no es axial, como en las cargas de tracción o de compresión, sino que actúa fuera del centro del cuerpo. Esta carga de flexión $\sigma_{\text{flexión}}$ depende del momento de flexión $M_{\text{flexión}}$, de la distancia existente hasta la línea del centro del cuerpo l y de la rigidez del cuerpo $W_{\text{flexión}}$.

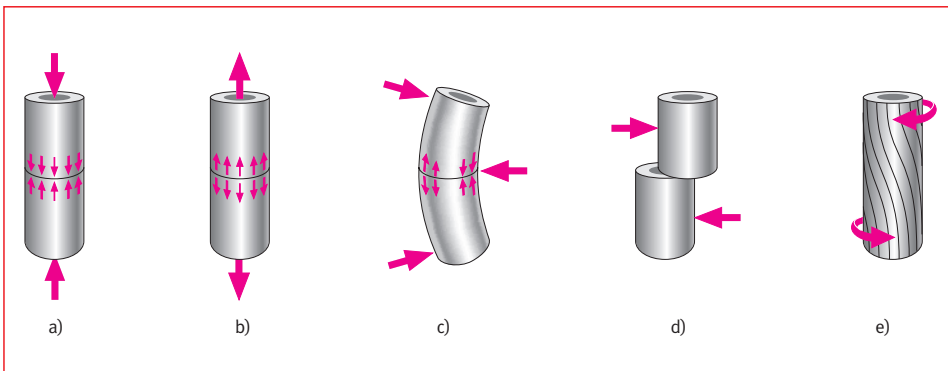


Figura B-7 Representación esquemática de las diferentes formas de cargas
a) Compresión, b) tracción, c) flexión, d) empuje, e) torsión

Esta fuerza se divide siempre en una componente de carga de compresión del lado más cercano a la fuerza y en una componente de carga de tracción del lado más alejado de la fuerza:

$$\sigma_{\text{flexión}} = M_{\text{flexión}} \cdot l / W_{\text{flexión}} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Si imaginamos a un individuo que se encuentre en bipedestación y que sostenga dos objetos con idéntica masa con la mano derecha y con la mano izquierda, manteniendo los brazos junto al cuerpo, en este caso la columna vertebral se ve sometida esencialmente a una carga de compresión. Si en cambio este individuo sostiene la misma masa sólo con una mano, a la carga de compresión se

sumará una considerable carga de flexión de la columna vertebral (ver cargas unilaterales de la CV en el capítulo D), lo que de hecho corresponde a una carga de compresión ipsolateral hasta ocho veces mayor.

Debido a su forma angular, el fémur está sometido permanentemente a una carga de flexión tanto al recibir cargas desde arriba como desde abajo (ver fig. B-8).

En este caso, la zona que más carga recibe es la del cuello del fémur, fenómeno probado por las más de 100.000 fracturas del cuello del fémur anuales que se aducen sólo en Alemania. La carga de flexión a la que se ve sometido el fémur se puede reducir notablemente si se consigue un equilibrio de fuerzas, por un lado, mejorando la resistencia a la flexión mediante la formación diferenciada y el engrosamiento de las trabéculas óseas del fémur, y, por el otro, potenciando la cadena muscular lateral (ver principio EF 6).

Empuje

Si la fuerza no actúa perpendicularmente sino paralela a la superficie, se presenta una carga de empuje τ , denominada también carga de cizallamiento:

$$\tau = F/A \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Si flexionamos el tronco hacia delante manteniendo la columna vertebral recta, la columna se ve sometida a cargas de empuje provocadas por el peso del cuerpo. Las cargas de empuje representan muchas veces un problema. De lo que se

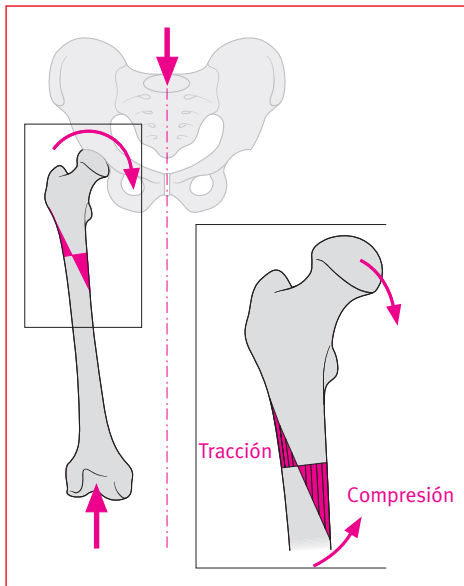


Figura B-8 Carga de flexión del fémur (carga de compresión medial, carga de compresión lateral)

trata es de buscar la manera de desviar estas fuerzas de la forma biomecánicamente más ventajosa escogiendo las técnicas de entrenamiento adecuadas y de optimizar constantemente la absorción y la conducción de estas cargas (ver cargas de la CV y principio EF 5).

Torsión

Si la carga de empuje que acabamos de definir actúa radialmente alrededor de un eje longitudinal, con tendencia a girar este cuerpo, hablaremos de una carga de torsión. Esta carga aparece típicamente en los movimientos de rotación de las articulaciones, por ej. al efectuar la rotación de la rodilla o de la cadera. Si con momentos de torsión muy importantes se sobrepasa la capacidad de resistencia a la torsión de un hueso, se produce una fractura espiral; esta fractura se presenta frecuentemente en accidentes sufridos en la práctica del esquí o el snowboard debido al gran dinamismo y el riesgo de grandes rotaciones que esta práctica presenta. La carga de torsión está determinada por el momento de torsión $M_{\text{torsión}}$, la distancia hasta el eje de rotación l y la capacidad de resistencia a la torsión $W_{\text{torsión}}$:

$$\tau_{\text{torsión}} = M_{\text{torsión}} \cdot l / W_{\text{torsión}} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Se puede aumentar la capacidad de resistencia a la tracción y a la compresión del hueso, pero también su capacidad de resistencia a la torsión y a la flexión, así como su capacidad de resistencia al empuje, aplicando sobre él estímulos de

carga de intensidad adecuada durante largos periodos de tiempo.

3 ASPECTOS PRELIMINARES DEL ENTRENAMIENTO

3.1 Indicaciones para el entrenamiento

La tabla B-1 contiene algunas definiciones de entrenamiento importantes.

3.2 Determinación de los grupos musculares activos en un ejercicio determinado

¿Qué grupos musculares se activan en cada uno de los ejercicios del entrenamiento de fuerza? ¿Cuáles desempeñan una función estática y cuáles una función dinámica? Esta información es muy importante a la hora de escoger el ejercicio adecuado. Diferenciaremos entre músculos agonistas y sinergistas activos dinámicos y músculos estabilizadores activos estáticos (Tabla B-2). En la realización de movimientos muy dinámicos también entran en juego los antagonistas con sus funciones compensatorias de frenado e inversión.

En la literatura encontramos frecuentemente una clasificación de los músculos en músculos posturales o de sostén y músculos dinámicos. Pero esta clasificación no es correcta, pues el tipo de trabajo que desarrolle un músculo no depende de su “constitución” o de su posición, sino de la posición del cuerpo, de la dirección de la resistencia, de la cinemática, del flujo de fuerzas y de los movimientos articulares en particular,

factores todos ellos dependientes única y exclusivamente del tipo de ejercicio planteado (ver principios EF 3 y 5 y cap. D).

Un mismo músculo puede actuar como agonista en un ejercicio, como antagonista si invertimos la dirección de la resistencia o como sinergista si cambiamos algunas características del ejercicio. Si se limita masivamente la amplitud de movimiento ADM de un

músculo al tiempo que se mantiene la articulación afectada dentro del flujo de fuerzas, dicho músculo cumplirá una función puramente estabilizadora. Si en cambio la articulación está situada fuera del flujo de fuerzas, el músculo ya no participa en absoluto del movimiento. En los ejercicios descritos en el apartado de ejercicios del capítulo D encontrará indicaciones de los principales grupos musculares implicados según su función.

Tabla B-1 Definiciones del entrenamiento

Repetición	Una repetición significa un movimiento de ida y de vuelta; en el aparato de jalón en poleas, por ej. significa bajar una vez la barra hacia abajo y dejarla subir de nuevo.
Serie de entrenamiento	Una serie de entrenamientos significa un número de repeticiones que se realizan seguidas, sin pausa entre ellas. Usted habrá finalizado una serie en la máquina de jalones con polea si deja el peso tras haber efectuado 12 repeticiones. Además, esta serie habrá sido intensiva si la repetición núm. 12 fue tan difícil para usted que pudo justo realizarla correctamente, pero le sería imposible efectuar una más.
Fmáx.	Fuerza máxima; corresponde a la resistencia que se puede superar justo un vez (1 repetición) realizando un esfuerzo máximo con una técnica para el ejercicio correcta.
RM	Repetición máxima; por ej. 5 RM se corresponde con la resistencia que se puede superar exactamente 5 veces (5 repeticiones) en una serie efectuando un esfuerzo máximo ($1 \text{ RM} = F_{\text{máx.}}$).
ADM	Es la amplitud del movimiento del músculo o de la articulación. Si un ejercicio permite realizar un entrenamiento a ADM completa para una articulación o músculo determinado, la resistencia de entrenamiento actuará sobre la totalidad de la movilidad articular activa o sobre el máximo trayecto de contracción de un músculo.
Curva de resistencia	Por curva de resistencia se entiende el desarrollo de las fuerzas y momentos externos actuantes sobre el cuerpo en dependencia del trayecto del ejercicio y del respectivo ángulo articular.

Ejemplo: movimientos del tronco

Los músculos extensores del tronco actúan como agonistas al efectuar movimientos de extensión de la columna vertebral, por ej. en el ejercicio de hiperextensión o en la máquina de erectores (ver cap. D3). En este caso, los músculos abdominales son los antagonistas y como estabilizadores actúan, entre otros, todos los extensores de la cadera, como los glúteos y la musculatura que rodea las arts. sacroilíacas. Al levantar en peso muerto, en contraposición, los extensores de la cadera, entre otros, actúan como agonistas y los músculos extensores del tronco y los abdominales laterales, como estabilizadores (fig. B-9).

En relación con la cantidad de trabajo que deben realizar cada uno de los sinergistas o agonistas, existen ciertas diferencias individuales. La distribución depende, por un lado, de las relaciones de los brazos de palanca que se crean entre los huesos y los puntos de inserción tendinosa, y por otro lado de la coordinación individual. Con la mejora de la coordinación del ejercicio aumenta la producción de trabajo y el rendimiento en conjunto.

**Ejemplo. Máquina de jalones con polea
(*Lat machine*)**

En una máquina de jalones con polea, el movimiento de descenso de los brazos contra resistencia puede efectuarse acti-

vando más los flexores del brazo o los músculos de la espalda extensores y aductores del hombro. El principiante efectuará gran parte del trabajo con su musculatura flexora del brazo. Dado que su posición de sedestación está fijada y que la distancia entre las manos sobre la barra de tracción es constante, al flexionar los codos, el brazo desciende también automáticamente, o sea, se extiende la articulación del hombro (el principiante también atribuirá el máximo de carga en los brazos). A medida que mejore su capacidad de coordinación en el ejercicio, trasladará mayor parte del trabajo a la musculatura de la espalda que conduce los brazos hacia atrás, considerablemente más fuerte, lo que hace que el trabajo realizado por los flexores del brazo, agonista en un principio, se transforme en sinergista (fig. B-10).

Determinación de las funciones musculares

Antes de determinar las funciones musculares específicas para cada ejercicio es importante conocer los puntos de fijación de la musculatura esquelética implicada, así como su acción sobre la correspondiente articulación. En este libro se presentan algunos aspectos de anatomía funcional de la columna vertebral, pero para conocer estas estructuras con más profundidad, se aconseja la consulta de obras como las de *Calais-Germain, Tittel, Rohen* o *Kapandji*, que contienen fantásticas explicaciones y dibujos.

Tabla B-2 Funciones musculares: agonistas, sinergistas, estabilizadores y antagonistas

Agonistas	Los agonistas son los “principales responsables” de la realización del movimiento. Pueden desarrollar grandes momentos de giro contra resistencia y efectúan la mayor parte del trabajo. Se encuentran situados en gran medida en la dirección principal de tracción y ofrecen trayectos de acortamiento adecuados para el movimiento.
Sinergistas	Los sinergistas también participan dinámicamente en el movimiento, pero cumplen más bien una función auxiliar y, en correspondencia, producen momentos de giro menores y efectúan menor parte del trabajo. El paso de agonista a sinergista es fluido; sería más exacto hablar de la parte de trabajo efectuada por el músculo correspondiente.
Estabilizadores	Estos músculos estabilizan el cuerpo, garantizan el mantenimiento de la postura, protegen las articulaciones y son capaces de absorber las fuerzas que actúan sobre el cuerpo produciendo poca carga. Trabajan de forma isométrica o poco dinámica.
Antagonistas	Los antagonistas efectúan la acción directamente contrapuesta a los agonistas. Durante la realización de movimientos regulares y muy controlados, sólo acompañan pasivamente el movimiento (inhibición antagonista). En la realización de movimientos muy dinámicos ayudan a proteger las articulaciones o a la vuelta rápida de la extremidad a su punto de partida (por ej. después de un lanzamiento o un golpe). Al realizar movimientos concéntricos/concéntricos como por ej. en un sprint o en determinados movimientos en el agua, tanto los agonistas como los antagonistas actúan de forma dinámica alternativamente en cada repetición.

Para saber si un músculo está más o menos activo se puede considerar las ya conocidas mediciones por EMG.

Información complementaria

Mediciones por EMG

Con el electromiograma se mide la actividad eléctrica del músculo mediante la aplicación de electrodos de aguja superficiales o de punción. Esta actividad eléctrica se relaciona con el número de fibras musculares

excitadas y de hecho con la tensión muscular. Un EMG filtrado y preparado correctamente nos proporciona valores fiables de la presencia o ausencia de actividad de un músculo durante la realización de una actividad determinada, y con qué intensidad. Si se activan diversos músculos, también se puede determinar cuáles manifiestan mayor actividad.

Pero la exploración por EMG por sí misma no puede determinar si un

músculo está actuando como agonista, como sinergista o como estabilizador. Para saber pues si un músculo presentaba actividad dinámica (y en este caso, con qué amplitud del movimiento) o sólo estática, debemos proceder a la valoración de movimiento geométrica (ver abajo las tres reglas de participación muscular).

Por ej., si al efectuar un movimiento determinado los puntos de fijación del músculo medido no se aproximan a pesar de dar valores de medición EMG altos, se tratará de un

estabilizador: el músculo estará trabajando de forma puramente isométrica.

Además, las mediciones EMG no pueden ser efectuadas siempre en la rutina del entrenamiento. Es difícil conseguir la posición correcta y la fijación de los electrodos para llevar a cabo varias veces secuencias de movimiento complejas y los electrodos de aguja no se pueden aplicar muchas veces, lo que hace que la medición se reduzca frecuentemente a los músculos superficiales.

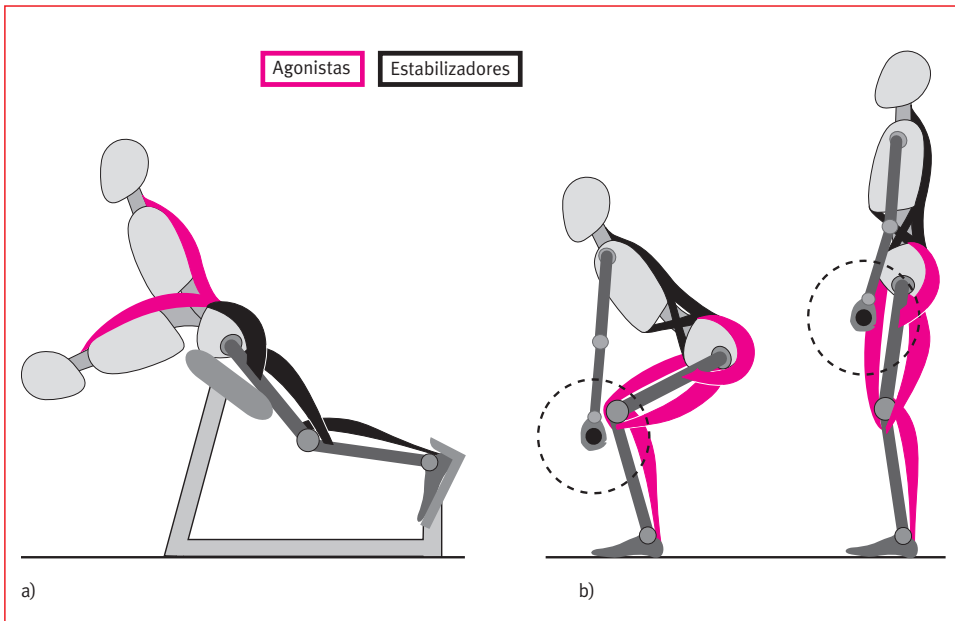


Figura B-9 Funciones musculares de los músculos extensores del tronco y de la cadera
a) Hiperextensión: extensor del tronco = agonista; extensor de la cadera = estabilizador
b) Peso muerto: extensor de tronco = estabilizador; extensor de cadera = agonista

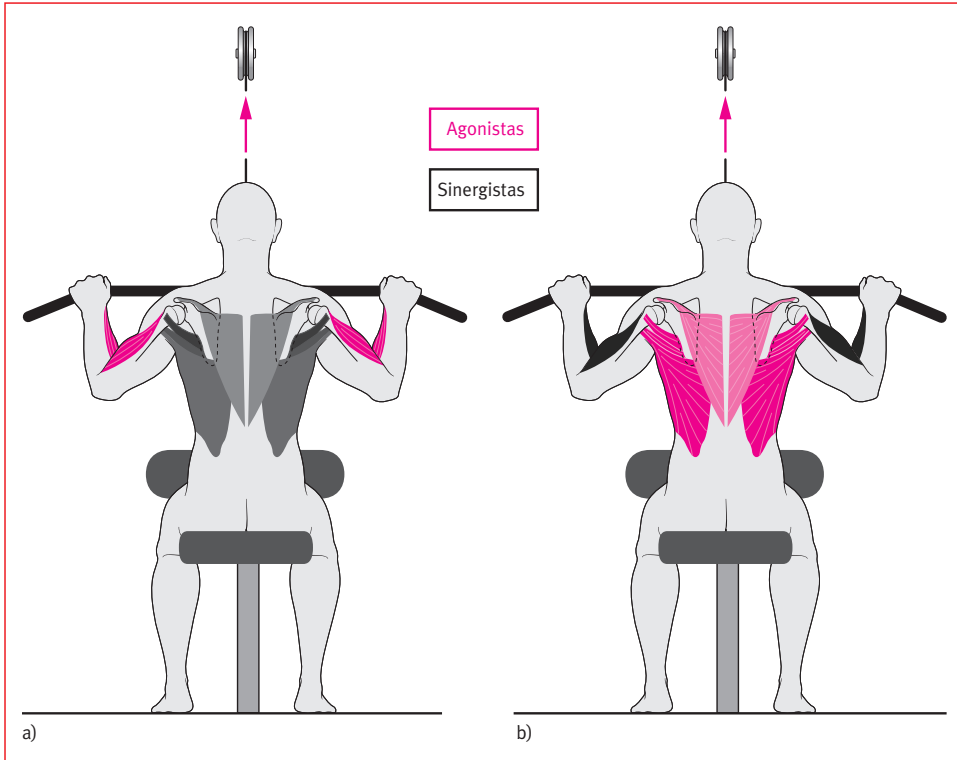


Figura B-10 Trabajo conjunto de agonistas/sinergistas en la máquina de jalones con polea
a) Los principiantes utilizan los flexores de brazos como agonistas
b) La mejora de la coordinación permite transferir la función de agonistas a los potentes músculos traccionadores de la espalda

Las tres reglas de participación muscular

Con la ayuda de las tres reglas de participación muscular es posible efectuar afirmaciones prácticas en relación con esta participación, aunque se combina la valoración geométrica con la medición de la tensión muscular (Tabla B-3). Para aplicar estas reglas consideraremos por definición la fase concéntrica del movimiento (por ej. la fase de elevación de un peso, la superación de una resisten-

cia de empuje, la fase de estiramiento de un muelle).

Ejemplo: curl de brazos con mancuernas en sedestación (fig. B-11)

En la fase concéntrica (mov. de flexión), los puntos de inserción muscular de los tres flexores de brazo (braquiorradial, braquial y bíceps braquial) se aproximan (los puntos móviles son aquí los puntos de inserción en el antebrazo y los puntos fijos son los puntos de inserción en el brazo o en la escápula); según

la regla (2), aquí se trata de los agonistas (ver Tabla B-3). Los puntos de inserción del tríceps braquial se alejan en la fase de flexión; según la regla (1) se trata de los antagonistas del movimiento de flexión del brazo. Músculos como el supraespinoso, el deltoideo medio y los elevadores de la escápula no muestran ninguna modificación respecto a la distancia de sus puntos de inserción durante el movimiento de flexión. Aun así, según la regla (3), la palpación de estos músculos durante la realización de la actividad nos demuestra que existe una actividad muscular importante, que también se confirma mediante las mediciones por EMG: se trata de los estabilizadores de este ejercicio, que tienen la función de fijar la escápula y la cabeza del húmero. Ninguno de

los músculos de la región de la rodilla y del pie muestra modificaciones en la distancia de sus puntos de inserción, y además no están situados en el flujo de fuerzas, o sea que aquí esta musculatura no cumple función alguna. Naturalmente también podríamos considerar el conjunto de la musculatura del antebrazo y de la mano, que actúa en parte de forma sinérgica y en parte estabilizadora, como otros estabilizadores de la región de la cintura escapular y del tronco. El flujo de fuerzas está establecido por las mancuernas de las manos y transferido a los brazos y a los hombros, y de aquí al tronco, a la pelvis y finalmente, a través de los isquiones a la superficie de sedestación (sobre flujo de fuerzas ver principio EF 5).

Tabla B-3 Las tres reglas de participación muscular

Tres reglas de participación muscular

1. Si en la fase concéntrica del movimiento **los puntos musculares fijos se alejan** para aproximarse de nuevo en la fase excéntrica del movimiento, este músculo o esta parte del músculo no participa ni dinámica ni estáticamente del movimiento; este músculo sólo es **estirado pasivamente**, actúa como **antagonista**.
Ejemplo press de banca: Al levantar la barra, los puntos fijos del dorsal ancho se alejan; este músculo es pues antagonista de este movimiento, o sea, no muestra actividad. Si invertimos la dirección de la resistencia, al realizar por ej. un ejercicio de remo, se transformará en agonista.
2. Si en la fase de movimiento concéntrica **los puntos musculares fijos se aproximan** y se alejan de nuevo en la fase de movimiento excéntrica, este músculo o una parte **participa dinámicamente**, se contrae contra resistencia. Actúa como **agonista o como sinergista** (siempre que el músculo esté situado dentro del flujo de fuerzas del movimiento). El trayecto de contracción del músculo en relación con su máxima movilidad posible nos da información sobre la amplitud del movimiento porcentual. **Ejemplo press de banca:** Los puntos fijos del pectoral mayor se aproximan igual que los del deltoideo anterior o los del tríceps braquial. Los dos primeros mencionados trabajan aquí como agonistas y el tríceps, como sinergista.
3. Si **no aparece variación alguna en la distancia de los puntos musculares fijos**, existen dos alternativas: El músculo **no participa en absoluto** (cuando la articulación afectada no está situada dentro del flujo de fuerzas). El músculo **participa isométricamente** en forma de trabajo de sostén; es un **estabilizador**. Para saber si se trata de (1) o de (2) se puede explorar el músculo mediante palpación o mediante EMG. **Ejemplo press de banca:** situados en una posición que imposibilite los movimientos falseadores, el conjunto de la musculatura de las piernas no participa en absoluto del movimiento (no hay aproximación de los puntos fijos, no hay aumento de tensión). Los músculos responsables de la posición de la escápula (especialmente el serrato anterior) o el supraespinoso tampoco muestran movimiento, o muy poco, pero muestran una gran actividad muscular, se trata de los estabilizadores (la cintura escapular se encuentra totalmente dentro del flujo de fuerzas) que fijan la cabeza del húmero a la cavidad glenoidea.

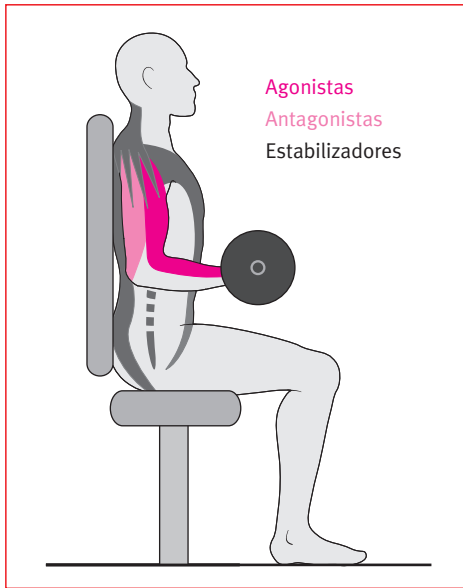


Figura B-11 Funciones musculares en un curl con mancuernas

Según el método expuesto se puede analizar también partes de los movimientos realizados en diferentes disciplinas deportivas. En función de la participación muscular determinada se podrá escoger los ejercicios de musculación más adecuados biomecánicamente con el fin de obtener un aumento del rendimiento adaptado al deporte practicado. Por razones de especificidad de un deporte, de rehabilitación o por métodos de entrenamiento, a veces se debe organizar los ejercicios de forma que unos músculos o cadenas musculares determinados queden inactivos. Para más detalles sobre este tema, especialmente sobre la región del tronco, consúltese el capítulo sobre músculos abdominales y extensores del tronco.

3.3 Grado de dificultad de los ejercicios

Todos los ejercicios presentados contienen al principio indicaciones sobre el grado de dificultad de realización del ejercicio. Esta indicación de dificultad no tiene nada que ver con la resistencia de entrenamiento, que se puede ajustar de forma individual en casi todos los ejercicios, sino que pretende proporcionar información sobre las exigencias motrices requeridas en el practicante para llevar a cabo el ejercicio de forma correcta. De este modo se podrá progresar en los ejercicios practicados tanto en los aspectos referentes a la dificultad de los movimientos como a la sollicitación muscular de los estabilizadores corporales. Los ejercicios están clasificados en 5 grados de dificultad, del 1 al 5:

- Muy fácil (1)
- Fácil (2)
- Dificultad media (3)
- Difícil (4)
- Muy difícil (5).

Los ejercicios que contienen la indicación muy fácil (1) o fácil (2) pueden ser realizados por cualquier principiante sin que se presenten problemas de comprensión. Los ejercicios que están clasificados como grado (3) pueden ser realizados por principiantes con cierto conocimiento de su cuerpo y tras recibir indicaciones complementarias, siempre que el entrenador esté seguro de que el ejercicio se realizará de forma segura. Los ejercicios clasificados dentro de las

categorías (4) y (5) están reservados para practicantes avanzados, ya que plantean grandes exigencias de coordinación y pueden provocar también cargas articulares muy importantes para las que sería necesaria la previa existencia de una estabilización muscular suficiente.

Los practicantes avanzados pueden escoger ejercicios de cualquier grado de dificultad, que además son aconsejables para conseguir un entrenamiento de la fuerza funcional. En cualquier caso, antes de aumentar las resistencias aplicadas, hay que asegurarse de que está practicando el ejercicio correctamente. Los entrenadores y fisioterapeutas que necesiten mayor seguridad en los ejercicios y una mayor precisión de los ejercicios para disponer de un repertorio más amplio de ejercicios pueden participar en los *workshops* de entrenamiento de la fuerza que se realizan periódicamente, lo que les permitirá estudiar y practicar, bajo supervisión, las diferentes técnicas y principios (información sobre este tema al final del libro).

3.4 Indicaciones para el entrenador

Llegados a este punto, permítame abordar algunos aspectos sobre la comunicación. El entrenador debe presentarse al practicante siempre como compañero, como *coach* o como cuidador, estableciendo una relación entre iguales, en ningún caso jerárquica. El entrenador es evidentemente el que está especializado y posee los conocimientos necesarios sobre el tema que nos ocupa, y debe tra-

bajar y elaborar los objetivos del entrenamiento conjuntamente con el practicante, presentándole sus propuestas de entrenamiento, enseñándole técnicas para la realización de los ejercicios y corrigiéndole si fuese necesario. El practicante ha de implicarse activamente en el proyecto de entrenamiento; es importante saber cómo se siente de forma neutral (ver principio EF 8), puede escoger los ejercicios que más le gusten y, de hecho, es el que determina finalmente el entrenamiento a seguir, pues es él, y nadie más, quien debe llevarlo a cabo y quien vivirá sus consecuencias.

El entrenador, como tal, también debe intentar la realización de un entrenamiento interesante para el practicante, le debe proporcionar información comprensible sobre su cuerpo y crear una atmósfera de entrenamiento motivadora, pues el entrenamiento únicamente tendrá éxito si se realiza con cierta regularidad y constancia. Del ámbito de la psicología sabemos que las secuencias y las actividades repetitivas sólo se integran en el ritmo semanal de una forma que nos condicione si se repiten un mínimo de 20-30 veces regularmente. En este sentido, en los tres a cuatro primeros meses el entrenamiento, a razón de 2 sesiones semanales, se debe efectuar a ser posible sin faltar (se puede cambiar un día por otro). En el caso de que usted esté de vacaciones durante este tiempo, le diré que actualmente en cualquier lugar del mundo se encuentran salas de fitness equipadas.

Didáctica del entrenamiento

Los aspectos más importantes para la realización de los ejercicios están expuestos en la tabla B-4.

Contacto corporal

Al enseñar las diversas técnicas para la realización de los ejercicios es interesante, y muy útil, hacer uso del contacto corporal con el practicante. Cuando hablamos de contacto corporal, entendemos el hecho de que, al efectuar un ejercicio, el entrenador pueda por ej., si es necesario, guiar los brazos del practicante, fijar su pelvis con ambas manos o guiar el movimiento del tronco cogiendo al paciente por la cintura escapular y empujándolo ligeramente en el arco costal. El uso de indicaciones exclusivamente verbales está condenado al fracaso o hace que el proceso de aprendizaje sea mucho más largo. Además, la mayoría de

los practicantes tienen un nivel de conciencia corporal motriz bastante bajo y las maneras de efectuar el movimiento son muchas, todo lo cual hace que la integración de la información y sobre todo la correcta aplicación de las órdenes verbales en una posición corporal y un desarrollo de los ejercicios correctos sean especialmente difíciles.

Para controlar la realización de los ejercicios de forma precisa en uno mismo o en un compañero y para integrar el contacto corporal recibido para guiar el movimiento, es necesario palpar y situar determinados huesos, prominencias óseas y posiciones articulares. Con la ayuda de estos puntos de orientación corporal se puede entender fácilmente los ejes corporales y colocar las máquinas, por ej., de una forma que nos permita trabajar en posiciones adaptadas a los ejes corporales.

Tabla B-4 Didáctica del entrenamiento para entrenadores

Didáctica del entrenamiento	
1.	El entrenador realizará siempre primero el ejercicio para mostrárselo al practicante.
2.	Se debe facilitar brevemente la información de relevancia para el ejercicio.
3.	Cuando el practicante esté realizando el ejercicio iniciaremos una toma de contacto con él para permitir que: <ul style="list-style-type: none">• aprenda más rápidamente la correcta realización del ejercicio• sienta la retroalimentación (<i>feedback</i>) del propio cuerpo• sienta mejor los músculos que trabajan
4.	Hay que mostrar las técnicas de respiración de forma sonora durante el ejercicio.
5.	Controlar constantemente la simetría necesaria, controlar la velocidad y la superación de la resistencia.
6.	Enseñar y explicar los ajustes de la máquina (asiento, acolchado, etc.). Las máquinas deben disponer de posibilidades de progresión y éstas han de constar también en el plan de entrenamiento.
7.	Explicar los posibles errores que pueden aparecer durante la realización del ejercicio.

Existen además diversas presas que el entrenador puede utilizar para ayudar al practicante a efectuar un movimiento determinado o para enseñarle a evitar algunos movimientos falsos.

Una vez que el entrenador haya presentado los correspondientes puntos de orientación en el cuerpo y efectuado la toma de contacto con el practicante de forma explícita al principio de cada apartado de ejercicios (cap. D), le será más fácil explicarle las posiciones y los ejercicios, y además serán entendidos mejor.

Mientras el practicante esté realizando el ejercicio se le puede proporcionar un estímulo táctil adicional en los grupos musculares activos, especialmente en regiones que se encuentran fuera de su campo visual, como la espalda, con el fin de proporcionarle cierta retroalimentación sensorial y ofrecerle la posibilidad de concentrarse mejor en el ejercicio.

Ayudante

Para la realización de algunos ejercicios complejos o durante el entrenamiento de deportistas ya muy experimentados, es necesaria la colaboración de un ayudante, que puede ser el entrenador o un compañero. La existencia de un ayudante será necesaria, por motivos de seguridad o de apoyo al entrenamiento, en las situaciones siguientes:

1. En la realización de ejercicios nuevos y complejos, el entrenador actuará como ayudante para facilitar el rápido aprendizaje del ejercicio (mostrar el ejercicio).

2. Cuando el practicante ya experimentado quiera realizar repeticiones intensivas o negativas (entrenamiento excéntrico) (soporte al entrenamiento).
3. Cuando el practicante ya experimentado intente conseguir la superación de un récord (seguridad).

Para garantizar que la ayuda prestada sea funcional y segura, el entrenador, o el compañero especialmente, deben cumplir con las condiciones siguientes:

1. Evidentemente, él mismo debe dominar la técnica exacta del ejercicio que se va a realizar.
2. En caso de ser solicitado, debe ser capaz de modificar el movimiento del practicante:
 - en la posición correcta
 - utilizando la técnica adecuada (simétricamente, exactamente en la dirección del movimiento)
 - actuando a una velocidad adecuada (regularmente) y
 - con la intensidad correcta.
3. Debe tener la fuerza suficiente para sacar el peso de la posición crítica en un momento determinado.
4. Antes de iniciar una serie hay que acordar el número de repeticiones que se va a realizar con el practicante.
5. Evidentemente, se debe garantizar el máximo de concentración durante la realización del ejercicio (no puede existir ningún tipo de distracción).
6. Si la técnica de realización del ejercicio no es totalmente correcta, en

cuanto al principiante el entrenador intervendrá corrigiendo, y en cuanto al practicante experimentado le aconsejará hablando con él tras la finalización de la serie.

3.5 Material de entrenamiento necesario

Para el entrenamiento muscular diferenciado de la región de la columna vertebral y del tronco se necesita el material siguiente:

Máquinas de entrenamiento

- Máquinas de tracción de poleas con reductor de pesos simples y poleas de altura regulable o con al menos una polea superior y una polea inferior
- Máquinas de tracción de poleas (con dos o tres reductores de pesos) y poleas de altura regulable
- Máquina de erectores (máquina de extensores de tronco)
- Máquina *lower back* (máquina de extensores de tronco)
- Máquina de crunch
- Máquina de abdominales sentado
- Máquina de elevación de la pelvis en sedestación
- Máquina de abdominales
- Máquina de rotación de la columna vertebral
- Máquina de flexión/extensión de la CC
- Máquina de flexión lateral de la CC
- Máquina de jalones con polea
- Giro de cintura (*hip rotor*)
- Máquina de glúteos

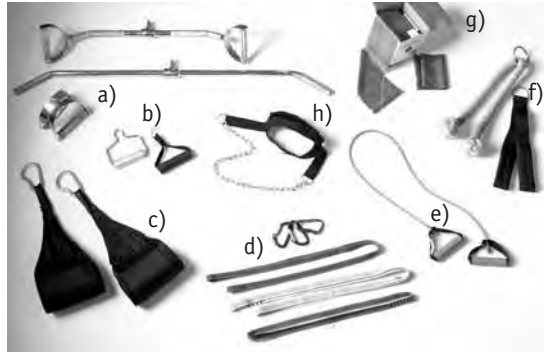
- Prensa de piernas
- Aparato de hiperextensión inclinado
- Aparato de hiperextensión horizontal
- *Reverse* de hiperextensión
- Banco de abdominales cortos (*crunch*)
- Tabla de abdominales declinable
- Soporte de sentadilla
- Barra de dominadas
- Banco plano

Material libre

- Mancuernas de todas las medidas y pesos
- Barras
- Tubos (tubos de goma de 1,6 cm de longitud aprox. con un mango de plástico en cada uno de sus extremos), gomas de diferente consistencia y grosor para trabajar con diferentes resistencias.
- Bandas elásticas (bandas de goma anchas sin mango; se pueden obtener de diferente longitud o en rollo para cortar a medida), también las hay de diferente grosor para trabajar con diferentes resistencias
- Polea AB (asa para una mano en el suelo para efectuar movimientos de *crunch*)
- Colchonetas
- 2 soportes idénticos para el peso muerto con mancuernas
- Diversos discos para barras
- Cuerda de cáñamo para la tracción con poleas
- Abrazaderas para la barra de dominadas
- Asa para una mano
- Cabezal

Figura B-12

- Algunos accesorios de entrenamiento
- a) Asas de máquina de jalones con polea
 - b) Asas de una mano
 - c) Abrazaderas para barra de dominadas
 - d) Correas con mosquetones
 - e) Tubo
 - f) Cuerdas de cáñamo y de nailon para máquina de tracción de poleas
 - g) Bandas elásticas
 - h) Cabezal



- Cintas con mosquetones grandes (ver los de escalada)
- Diversas asas para máquina de tracción de poleas y para máquina de jalones con polea (anchos, estrechos, angulados, de agarradero neutral, etc.)

3.6 Indicaciones generales sobre posibles riesgos

El entrenamiento de la fuerza es un deporte nada peligroso. Los riesgos de sufrir una lesión son muy reducidos, las lesiones que se puedan presentar son casi siempre de importancia menor (por ej. irritación de una inserción tendinosa o inflamación de una bolsa sinovial). A continuación expondremos algunos aspectos a considerar de cara a minimizar los riesgos potenciales respecto al equipamiento y a la realización de los ejercicios, así como algunas propuestas para estructurar un entrenamiento adaptado al cuerpo.

Estas indicaciones son el resultado de la experiencia obtenida en el entrenamiento cotidiano y son de carácter general.

- Considere de forma general los 12 principios EF presentados a continuación, y para el entrenamiento de la musculatura de la columna vertebral tenga especialmente en cuenta las descripciones precisas de los ejercicios del capítulo D.
- Examine regularmente la ejecución de los ejercicios –especialmente las primeras semanas de realización de un ejercicio–, la posición del cuerpo, el desarrollo del ejercicio y el posible ajuste del aparato, compruebe que sean correctos y optimícelos.
- Para cuestiones relacionadas con la constitución debe buscar consejo médico respecto al estado de salud.
- Debe procurar no sobreentrenarse. El factor decisivo en el entrenamiento es la constancia con una habituación lenta a un volumen de entrenamiento cada vez mayor y en ningún caso empezar con un alto volumen de entrenamiento.

Indicaciones para el material

- Examine regularmente el material de

goma como los tubos o las bandas elásticas, compruebe que no estén agrietados o dañados de algún modo. Si lo estuvieran deberá sustituirlos por material nuevo por razones de seguridad.

- Las transmisiones por correa o por cuerda de las diferentes máquinas han de ser revisadas periódicamente para evitar posibles roturas y ser sustituidas en caso de sufrir daños. Si nota que la correa o la cuerda rozan al efectuar el movimiento, debe ajustarlas.
- Con máquinas de inserción de pesos siempre debe introducir la barra hasta el tope final en el peso deseado.
- Los dispositivos de detención de los diversos acolchados de asientos, respaldos, o rollos, las palancas o los topes deben estar bien fijados, de forma que no se puedan producir desprendimientos ni deslizamientos durante el entrenamiento.
- Las máquinas de entrenamiento se han de mover fácilmente, se debe minimizar el rozamiento. A tal efecto se deben engrasarse regularmente las barras que guían los pesos y las poleas de inversión, así como todas las partes móviles de los aparatos.
- Las mancuernas deberían disponer de agarraderos girables libremente. Con ello se reduce el momento de inercia de la rotación, que a su vez reduce la carga que deben soportar las articulaciones de las muñecas. Se debe comprobar igualmente la movilidad de las agarraderas girables de las máquinas de tracción de poleas y engrasarlas cuando haga falta.
- Al dejar las barras de las halteras en un soporte (soporte de sentadilla, de banco, etc.), o al dejar partes de máquinas con discos libres (por ej. prensa múltiple o prensa de piernas), siempre deberá asegurarse de que ambos extremos de la haltera estén en una posición segura antes de soltar, o que las partes de las máquinas estén bien acopladas antes de dejar el peso y el aparato.
- Al cambiar los discos de una barra (por ej. en press de banca, press inclinado o barra de sentadilla) deberá comprobar siempre que la barra esté bien colocada y no pueda caerse. Actualmente, muchas máquinas ya disponen de un dispositivo de seguridad de retención que se pueden bloquear al cambiar los discos. No vacíe nunca completamente un lado de la barra, hágalo progresivamente, primero un disco de la derecha y después otro de la izquierda.
- Tenga en cuenta de forma general la funcionalidad de las máquinas. Las diferencias de biomecánica y de ergonomía pueden ser considerables, con todas las ventajas y desventajas que esto supone para la práctica del entrenamiento. Las máquinas de entrenamiento viejas normalmente ya no responden a las exigencias de funcionalidad actuales, pero también se debe comprobar que las nuevas lo hagan. El diseño no es en ningún caso la vara de medida de un material biomecáni-

camente correcto. He aquí algunos aspectos a tener en cuenta:

- Los acolchados deberían ser adaptados a las formas corporales, o sea, deberían ser lo suficientemente blandos en aquellos puntos en los que se produce más carga por compresión, para que la presión sea menor y esté mejor distribuida. Observe de forma especial que el aparato permita una posición correcta y dentro de los ejes corporales, o sea, los ejes de la máquina deben estar adaptados a los ejes longitudinales de la parte del cuerpo afectada. Las curvas de resistencia descentradas no presentan ninguna garantía de alta funcionalidad. Depen-

de solamente de la disposición de la excéntrica. Si se simula por ej. una curva de resistencia inadecuada, la disposición de la excéntrica aumentaría considerablemente la carga articular. Es pues muy importante efectuar los ajustes necesarios de forma que las máquinas se adapten al cuerpo. En algunos ejercicios son muy útiles los topes de movimiento (ver principio EF 4, posiciones forzadas). Las asas también deben estar dispuestas ergonómicamente. La elección de las resistencias ha de ser lo suficientemente variada, con una resistencia mínima lo más baja posible y una resistencia máxima lo suficientemente alta.

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

C. Los doce principios del entrenamiento muscular diferenciado

A continuación presentamos los doce principios básicos que hay que tener en cuenta durante la puesta en práctica del entrenamiento muscular diferenciado. Si se entrena regularmente en base a estos principios, el practicante podrá ver en un tiempo determinado cómo se producen los efectos explicados en el capítulo A. Los doce principios del entrenamiento de fuerza (principios EF) son válidos en cualquier edad, para cualquier estado de entrenamiento, para cualquier planteamiento de objetivos y para todo tipo de disposición individual: para personas que se estén rehabilitando, para quienes sufran algún tipo de dolencias, para deportistas aficionados, para los que estén interesados en la prevención de lesiones, para deportistas de competición o de alto rendimiento, para mujeres y para hombres, para jóvenes y para viejos.

Las máximas son:

- Aplicar estímulos de entrenamiento con un objetivo determinado y lo bastante altos pero sin cargas perjudiciales
- Planteamiento de los objetivos individuales
- Obtener una capacidad de rendimiento suficiente para la

vida diaria, el deporte y la profesión

- Mantener la salud y la potencia hasta una edad muy avanzada
- Efectuar avances rápidos en el entrenamiento

Al proceder a la planificación del entrenamiento y a la ejecución de los ejercicios puede que en ocasiones se presente la incompatibilidad entre 2 o 3 principios EF. En ese caso hemos de valorar los objetivos planteados, la disposición individual y el estado de entrenamiento. Siempre serán prioritarias la seguridad ante la velocidad, la constancia ante la intensidad y la individualidad ante la generalización. Tal como se verá de la mano de los siguientes principios EF y en la parte específica de ejercicios, existen tantas alternativas y posibilidades de variación, que sin exagerar podemos afirmar: Cualquier persona que pueda levantarse de la cama está preparada para llevar a cabo un entrenamiento muscular diferenciado y puede participar en los efectos beneficiosos que éste produce. Cualquier persona que tenga una edad comprendida entre los 6 y los 106 años puede mejorar su estado de salud y su condición física, y aumentar considerablemente su calidad de vida al mismo

tiempo que podrá conservar a largo plazo la constitución corporal conseguida.

Tabla C-1 Los doce principios del entrenamiento muscular (de fuerza) diferenciado

Los 12 principios EF
Oferta de ejercicios
Resistencia en los entrenamientos
Amplitud del movimiento
Cómo actuar con las posiciones forzadas
Estabilización corporal
Simetría en el entrenamiento y en las cargas
Velocidad
Sensación corporal
Técnica de respiración
Calentamiento y enfriamiento
Planificación de los entrenamientos en el tiempo
Organización individual de los entrenamientos

1. OFERTA DE EJERCICIOS

El hombre tiene unos 600 músculos esqueléticos, 300 articulaciones y 200 huesos que lo capacitan para actuar con la logística necesaria que requiere la enorme variedad de movimientos que realizan por ej. un escalador, un patinador artístico, un cirujano o un acróbata, un pianista o un decatleta, un corredor o un windsurfista.

Evidentemente, además de los movimientos de su propio cuerpo, este deportista debe acelerar además otros cuerpos/objetos, frenarlos y poderse posicionar establemente en cualquier posición. Si falla la musculatura por

diversas razones, como por la ingestión de narcóticos, por una pérdida de conciencia o por agotamiento total, no sólo se pierde la libertad de movimientos, sino que además, durante un momento, ¡desaparece por completo cualquier forma de postura estable! La condición física de una persona depende de muchos factores, de la coordinación, de la multiplicidad y efectividad de los programas motores aprendidos, de la fuerza de cada uno de sus músculos, del aporte de nutrientes y finalmente de la elasticidad y la solidez de todas las estructuras capaces de absorber las fuerzas, como los huesos o los tendones.

1.1 Banco de ejercicios

Para:

1. Conseguir alcanzar los objetivos individuales planteados
2. Corregir los puntos débiles individuales
3. Alcanzar una buena condición física de base
4. Aumentar el rendimiento deportivo
5. Aumentar el rendimiento de forma segura
6. Conseguirlo en un espacio de tiempo lo más breve posible

En el marco del entrenamiento muscular diferenciado, es necesario disponer de un gran **banco de ejercicios** de un mínimo de 300 posibilidades para llevar a cabo el EF de diferentes formas. Cuando hablamos de ejercicios EF, naturalmente no nos referimos a ejercicios de movimiento o estiramiento, sino tan sólo

a ejercicios en los que se aplican resistencias significativas para el entrenamiento de la fuerza y que se consideran funcionales desde el punto de vista de los siguientes principios EF. Normalmente, los practicantes de diferentes deportes de fitness disponen, según el material y los conocimientos del entrenador, de una base de ejercicios de 40 a 80, y en el caso de que dispongan de una gran base, ¡tienen unos 100 ejercicios para todo el cuerpo! Esto es suficiente para programas estándar, pero es insuficiente para conseguir objetivos individuales y diferenciados de la forma más rápida y precisa posible. Esto hace que algunas regiones corporales sean entrenadas demasiado poco, por ej. la columna cervical, el pie o la articulación del tobillo. Casi todas las regiones corporales son entrenadas con poca variedad de ejercicios, especialmente las regiones abdominal y del tronco, la cintura escapular y los músculos de la cadera, lo que puede causar una disminución del rendimiento y en algunas fases un sobreentrenamiento local. Para el deporte de competición y en el ámbito de la rehabilitación, se necesita una base de ejercicios todavía más amplia que contenga ejercicios con las variantes cinemáticas y de carga que permitan alcanzar los objetivos planteados con precisión y con la mayor rapidez posible.

Si usted conoce una gran variedad de ejercicios EF funcionales, podrá alcanzar los objetivos planteados para una zona determinada del cuerpo con más rapidez, por ej. mejorar la amortiguación

muscular del pie, aumentar la estabilización muscular en una articulación determinada o mejorar la potencia de lanzamiento al mismo tiempo que protege la cintura escapular. Podrá reaccionar con variaciones precisas de los ejercicios ante la aparición de dolor agudo y proporcionar estímulos de entrenamiento suficientes determinando una carga mínima de la región dolorosa si existe dolor crónico. Gracias a la variación de ejercicios podrá hacer más interesante el entrenamiento de fuerza al mismo tiempo que conseguirá avanzar constantemente en el entrenamiento. Podrá ofrecer ejercicios específicos para mejorar el rendimiento en las diferentes disciplinas deportivas y encontrará ejercicios beneficiosos para personas con limitaciones corporales. En resumen: conseguirá más en menos tiempo para muchas personas y trabajando de forma más segura.

1.2 Variantes de los ejercicios

¿Tiene sentido integrar regularmente variaciones en los ejercicios del entrenamiento de la fuerza, es decir, ofrecer no sólo la posibilidad de escoger individualmente los ejercicios, sino también intercambiarlos regularmente y variar? Como exponemos a continuación, hay muchas razones que hablan a favor de hacerlo:

1. Cualquier variación en el ejercicio, por pequeña que sea, significa un nuevo reto para el sistema nervioso (Enoka, Bloomer). Al introducir un cambio en la realización del ejercicio

- se producen nuevas aferencias propioceptivas (ver información complementaria sobre propiocepción) para las que el cuerpo debe desarrollar a su vez las correspondientes eferencias motrices.
2. Cualquier cambio en la geometría del ejercicio produce variaciones en la sollicitación de los músculos agonistas y sinérgicos (Latham).
 3. Cualquier nuevo ejercicio representa nuevas exigencias para los estabilizadores: los enlaces musculares encargados de absorber los flujos de fuerza varían. Las diferentes sollicitaciones estimulan el aumento de fuerza de los estabilizadores, de forma que éstos ya no tengan un efecto limitante, permitiendo el entrenamiento de la fuerza de los agonistas con intensidades mayores (Scoville, Rutherford).
 4. La reorganización de la coordinación intra e intermuscular y la activación de otras unidades motrices provocan el continuo aumento del volumen y de la fuerza del músculo (Poliquin).
 5. La variedad de ejercicios proporciona diferentes estímulos a las estructuras de tejido conjuntivo (Brenke).
 6. La solidez de las estructuras articulares y de los huesos se desarrolla en múltiples direcciones, lo que tiene como consecuencia una mayor resistencia, especialmente ante la aparición de cargas inesperadas.
 7. Finalmente, para que sea posible la progresión continua en el entrenamiento, es necesario variar regularmente el programa de entrenamiento (Fleck). Estos cambios deben ser, como es bien sabido, cuantitativos (número de series, número de repeticiones, magnitud de las resistencias, etc.), pero también cualitativos en forma de nuevos ejercicios, cinemáticas y curvas de resistencia.
 8. A todo esto debemos añadir el aspecto mental, nada despreciable. La variación del entrenamiento aumenta la motivación y con ello la regularidad en el entrenamiento.
- Para aprovechar todas estas ventajas estaría bien variar o cambiar regularmente algunos ejercicios, de semana en semana o de entrenamiento en entrenamiento. Hay muchos otros autores que aconsejan variar los ejercicios de entrenamiento regularmente. *Irwin* por ej. propone cambiar los ejercicios para cada región del cuerpo cada 4 a 8 unidades de entrenamiento (*Irwin*) y *Zatsiorsky* habla de introducir regularmente variaciones en

Tabla C-2 Algunas ventajas de la variación regular de los ejercicios

Aumento de la potencia y de la fuerza de transmisión
Estímulos de regeneración multidireccionales para las estructuras pasivas
Mejora de la coordinación, variedad de programas motores
Amplia capacidad de estabilización: mejor protección articular
Rápidos avances en el entrenamiento
Alta motivación: mejora de la regularidad de los entrenamientos

los ejercicios dada la limitación de tiempo de cada entrenamiento de un máximo de una hora de duración (Zarskiotky). *Bloomer* ve en la variación de los ejercicios una ganancia de tiempo y de efectividad (Bloomer).

Información complementaria

Propiocepción

La propiocepción (sensibilidad profunda) abarca todos los estímulos internos que informan continuamente, entre otras cosas, sobre la situación momentánea del cuerpo en el espacio, la situación de carga de cada estructura, y cada movimiento y aceleración, y alarman cuando detectan una situación de peligro. Los nociceptores informan, si es el caso, sobre los daños producidos.

Entre los propioceptores típicos (fig. C-1) se encuentran los husos musculares y tendinosos y los receptores articulares. Los **husos musculares** conectados paralelamente a las fibras musculares (1) proporcionan información sobre la longitud momentánea del músculo. Los **corpúsculos de Ruhffini** (3), situados en las estructuras articulares, reaccionan a la tracción y a la presión y nos informan sobre la situación de la articulación en cada momento. De esta forma, nuestro sistema nervioso central (SNC) obtiene en cada momento información sobre

la situación de nuestro cuerpo en el espacio. Los **husos tendinosos (receptores de Golgi)** (2) conectados en serie con la fibra muscular y el tendón, informan sobre la tensión muscular. Su función principal es mantener la tensión muscular (por ej. para mantener la posición erguida) y proteger la musculatura afectada por una sobrecarga (si la tensión muscular es demasiado alta, se produce un relajamiento muscular reflejo). Otros receptores de movimiento y de aceleración situados en las estructuras articulares, como los **corpúsculos de Pacini** (4), nos informan sobre la dirección del movimiento y sobre los valores de velocidad y aceleración. La función de alarma es asumida por los **receptores del límite del movimiento** de la articulación (5) que indican si, al realizar el movimiento, se ha alcanzado la movilidad articular máxima. Si esto ocurre, el cuerpo activará de forma refleja los respectivos antagonistas como función de protección. Si se produce una lesión, se activan los **nociceptores** (6), que proporcionan una señal de dolor y desencadenan el consiguiente programa de protección con medidas de regeneración.

De esta forma, nuestra central recibe cada segundo, y para cada articulación, cada músculo, etc., una enorme cantidad de datos.

Estas informaciones, conducidas por las aferencias, son elaboradas por el SNC en diferentes niveles. Y aquí se decide cuál será la reacción, cuál es la información prioritaria y cuáles son las medidas de defensa, protección y reparación que se debe poner en marcha en caso de lesión. Los criterios de decisión dependen de nuestra propia constitución y de las experiencias vividas y están sometidas, como los programas de elaboración, a un cambio constante.

con máquinas es más efectivo y da mejores resultados que el entrenamiento con pesas, además de conseguir resultados en menor tiempo. Pero estas argumentaciones tienen un trasfondo más bien económico. En primer lugar, con estas declaraciones se puede desplazar a la competencia intentando eliminar la asociación existente “ pesas-culturismo”. En segundo lugar, al entrenarse en las máquinas única y exclusivamente, y si puede ser según el principio de una sola serie, los socios pasan por las instalaciones de forma rápida y eficaz, dejando la sala de entrenamiento rápidamente libre. Y en tercer lugar, las indicaciones del entrenador cuando se trabaja con máquinas son menos numerosas que cuando se trabaja haciendo ejercicios con pesas.

1.3 Entrenamiento con máquinas frente a entrenamiento con pesas

Algunos fabricantes de aparatos y entrenadores de fitness argumentan que el entrenamiento única y exclusivamente

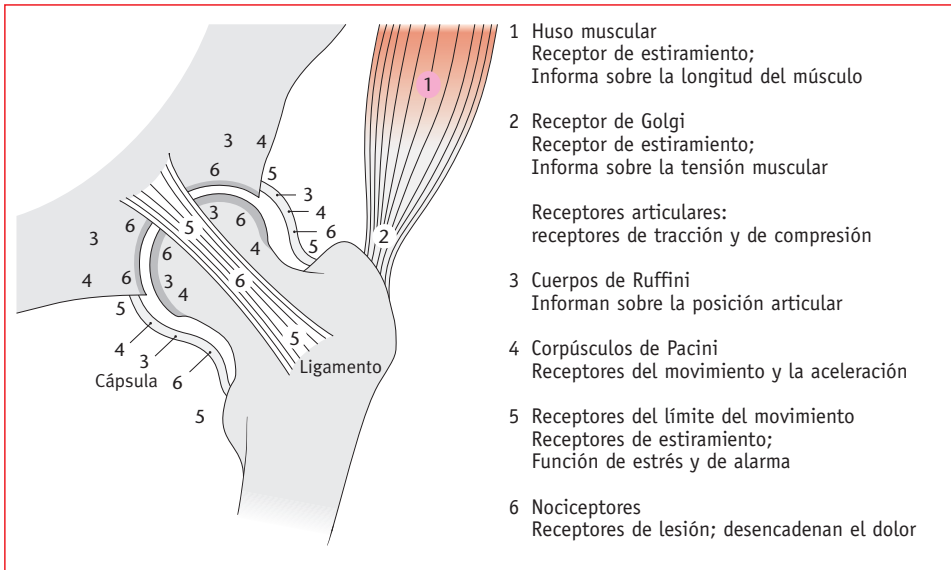


Figura C-1 Representación esquemática de la situación de los propioceptores (Ej. de la articulación de la cadera)

Deportistas de distintas disciplinas, en cambio, conceden mayoritariamente absoluta prioridad al entrenamiento con pesas. La “sensación de entrenamiento” es muy distinta, y además deben tener pleno dominio sobre la masa libre al tiempo que aprenden a conducir las diferentes fuerzas que se presentan. Pero, si a la inversa, se entrena exclusivamente con pesas, también se pierden algunos efectos beneficios del entrenamiento con máquinas.

O sea, que la cuestión de si es mejor el entrenamiento con máquinas o con pesas, representa un debate puramente retórico, pues para llegar a conseguir los efectos mencionados en el capítulo A, en

el sentido del entrenamiento muscular diferenciado, son necesarios ambos tipos de ejercicios e incluso otras clases de ejercicios (ver Tabla C-3). ¿Qué médico, artesano o artista renunciaría a la mitad de sus instrumentos, herramientas, técnicas o recetas esperando obtener exactamente los mismos resultados?

Respecto a la discusión de si se debe entrenar con cadenas cinéticas abiertas o cerradas, estamos ante el mismo fenómeno. Ambos sistemas tienen sus ventajas. Por lo demás, esta clasificación general de los ejercicios es poco diferenciada; en el principio EF 5 encontrará clasificaciones más exactas y practicables basadas en los principios de flujo de

Tabla C-3 Comparación de algunas ventajas del entrenamiento con máquinas y el entrenamiento con pesas

Ventajas del entrenamiento con máquinas	Ventajas del entrenamiento con pesas
<ul style="list-style-type: none">● Es fácil practicar el entrenamiento de algunos músculos determinados	<ul style="list-style-type: none">● Se aprenden procesos motores más complejos
<ul style="list-style-type: none">● Se pueden producir nuevas cinemáticas	<ul style="list-style-type: none">● Mejora la coordinación
<ul style="list-style-type: none">● Permite practicar determinadas secuencias de movimiento de una disciplina determinada	<ul style="list-style-type: none">● Gracias a la mejora de la coordinación, la fuerza se hace aplicable a la vida diaria
<ul style="list-style-type: none">● Permite descargar las articulaciones no implicadas	<ul style="list-style-type: none">● El practicante mejora la estabilización de su propio cuerpo
<ul style="list-style-type: none">● Los principiantes pueden trabajar desde el principio con resistencias mayores	<ul style="list-style-type: none">● El practicante aprende el dominio de la masa libre
<ul style="list-style-type: none">● Se pueden producir estímulos de carga optimizados biomecánicamente	<ul style="list-style-type: none">● El entrenamiento con pesas se puede practicar en todas partes
	<ul style="list-style-type: none">● Mayoritariamente, los deportistas de alto nivel pueden realizar resistencias suficientes solamente con pesas

fuerzas y dirección de la resistencia (abreviado PFR).

1.4 Oferta de ejercicios

Para **planificar un entrenamiento de forma óptima**, cualquier instalación de fitness, de rehabilitación o de entrenamiento de la fuerza debe **ofertar los siguientes elementos**:

- Máquinas aislantes global y parcialmente (uniarticulares, pluriarticulares, lineales, con ejes inclinados, con un recorrido de movimiento de gran amplitud o con diversos ejes de rotación)
- Diferentes ejercicios de tracción libre con muchas variantes de agarre
- Surtido de mancuernas y barras
- Una serie de aparatos pequeños para la realización de ejercicios con barras y peso corporal
- Diversas superficies de apoyo, acolchados y otros accesorios (ver cap. B 3.5 y cap. D)
- Diferentes calidades y desarrollos de resistencia (ver principio EF 2).

Este material ha de cumplir evidentemente con todas las exigencias técnicas de ergonomía, biomecánica y seguridad. Actualmente, los requisitos de seguridad no suelen ser un problema, pero hay que comprobar que también se cumplen los requisitos restantes y seleccionar el material en función de estos criterios.

Además del material, el **entrenador** debe plantear una organización de los ejercicios diferenciada. Éste debe tener una **gran competencia sobre los ejerci-**

cios en el sentido de conocerlos con precisión, disponer de un amplio banco de posibilidades, saber elegir el ejercicio adecuado al objetivo planteado y poderlo variar de forma efectiva con múltiples técnicas de diferenciación. Ésta representa una de las capacidades más importantes de un buen entrenador. Los principios EF que se exponen a continuación le serán de gran ayuda para la valoración y organización de los ejercicios, y en el capítulo D se expone una amplia oferta de ejercicios para la región del tronco.

2. RESISTENCIA PARA EL ENTRENAMIENTO

El cuerpo es el producto de los estímulos vividos. Crece y se define por la resistencia, y de forma general según las exigencias que se le planteen. El aparato locomotor, con sus estructuras sensitivas, motrices, neuronales, absorbentes de cargas, suministradoras de energía y reparadoras, necesita resistencias en forma de fuerzas “correctamente dosificadas” para aumentar su funcionalidad y su potencia. Así es como se determinan los efectos sobre el cuerpo, además de por el tipo de ejercicio (ver principio EF 1), por la magnitud, el tipo y el desarrollo de la resistencia para el entrenamiento.

¡Pero no todas las resistencias son iguales! Se plantean cuestiones como ¿Cuánta resistencia se necesita? ¿Cuánta es suficiente? o ¿Cuánta resistencia sería excesiva? ¿Se debe mantener la resistencia constante durante todo el movimiento o debe variar en función del ángulo articular o de la velocidad del movimien-

to? ¿Es suficiente con el peso del propio cuerpo, como opinan algunos, o es necesario aplicar resistencias adicionales? ¿Son las cintas de goma (tubos, *expander*, bandas elásticas) tan efectivas como el levantamiento de pesos en forma de masas a levantar o serían mejores las resistencias por rozamiento que se crean por ej. en el agua o con las máquinas isocinéticas?

Tabla C-4 Tipos de resistencia en el entrenamiento de fuerza

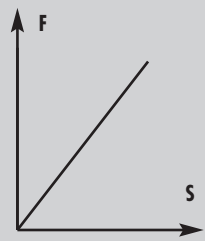
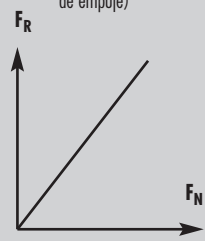
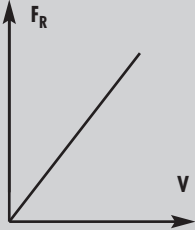
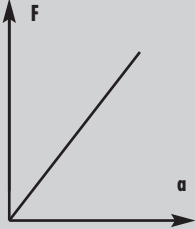
Tipo de resistencia	Material de entrenamiento	Ventajas	Inconvenientes
Fuerza elástica (fuerza proporcional al recorrido) 	<ul style="list-style-type: none">• <i>Expander</i>• Tubos• Bandas elásticas• Agarres de muelle• Muelles de acero• Pelotas moldeables• <i>Power-web</i> (círculo de goma que se coloca en la palma de la mano y tiene agujeros para los dedos)• Máquinas de entrenamiento con cilindros neumáticos (elasticidad del aire comprimido, fuerzas de rozamiento adicionales)	<ul style="list-style-type: none">• La inercia del sistema es prácticamente nula• Permiten efectuar movimientos rápidos• Adecuados principalmente para ejercicios con movimientos cortos y para pequeñas estructuras articulares• Aplicables en el exterior y en salas pequeñas	<ul style="list-style-type: none">• La resistencia depende del recorrido• Poco adecuados para grandes movimientos• No aconsejables para grandes cargas, pues el aumento de la resistencia en función del recorrido sería demasiado grande
Fuerza de rozamiento Cuerpo sólido contra cuerpo sólido (fuerza proporcional a la fuerza de empuje) 	<ul style="list-style-type: none">• Empujar un coche o un objeto• Frenos mecánicos como por ej. los ergómetros mecánicos• Motores y frenos eléctricos o electromagnéticos como por ej. en máquinas de entrenamiento eléctricas y máquinas isocinéticas• Máquinas de entrenamiento con cilindros neumáticos	<ul style="list-style-type: none">• Tipo de resistencia ideal para movimientos continuos como los ejercicios cardiovasculares• Válidos en la primera fase después de algunas lesiones traumáticas, ya que podemos poner la resistencia a cero en cualquier posición de inmediato	<ul style="list-style-type: none">• Al final del movimiento la resistencia va contra cero• Al invertir el movimiento se produce primero un pico de resistencia, pues primero se debe vencer una fuerza de cohesión mayor.• Al efectuar movimientos forzados existe peligro de sub o sobreestimulación.

Tabla C-4 Tipos de resistencia en el entrenamiento de la fuerza (continuación)

Tipo de resistencia	Material de entrenamiento	Ventajas	Inconvenientes
<p>Fuerza de rozamiento cuerpo sólido/líquido (fuerza proporcional a la velocidad)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia del agua (natación, remo) Máquinas de entrenamiento con cilindros hidráulicos Aparatos de cardio con molinete Resistencia del aire a partir de una velocidad determinada (por ej. carreras de ciclismo) 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de resistencia ideal para movimientos continuos como en algunos ejercicios cardiovasculares Para deportistas acuáticos es una resistencia adaptada a su disciplina (nadadores, remeros, canositas) Válidos en la primera fase después de algunas lesiones traumáticas, ya que la resistencia puede ser cero en cualquier posición 	<ul style="list-style-type: none"> La dependencia de la velocidad no se corresponde con las exigencias cotidianas. Excepción: actividades acuáticas No hay carga en ninguno de los dos puntos de inversión del movimiento (→ posible la transformación de los valores de fuerza) Sensación de entrenamiento de una resistencia "dura"
<p>Fuerza de aceleración (fuerza proporcional a la aceleración)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Propio peso corporal Peso de otro cuerpo (en deportes de lucha por ej.) Barros y mancuernas Discos de barras Manguitos de peso Máquinas de tracción de poleas con pesos libres Máquinas de entrenamiento con pesos libres Cualquier objeto que se mueva en la vida cotidiana 	<ul style="list-style-type: none"> La resistencia depende del recorrido de la velocidad La única fuerza a la que se ve sometido el cuerpo durante 24 h y por la que el cuerpo se ha optimizado durante la evolución Efectos de coordinación y estabilización lo más parecidos a la cotidianidad Determinando diferentes direcciones de tracción se puede simular amplias secuencias de aceleración El estímulo de motivación es máximo cuando se mueven masas (tanto para jóvenes como para mayores) 	<ul style="list-style-type: none"> Gran inercia del sistema → que se puede reducir notablemente con material auxiliar (por ej. un cilindro o una pequeña palanca) Material de entrenamiento pesado y en parte voluminoso

2.1 Tipos de resistencia

En la práctica del entrenamiento se utilizan los tipos de resistencias mencionados en la tabla C-4.

En el entrenamiento de fuerza, cada tipo de resistencia tiene unas ventajas determinadas y un ámbito de aplicación concreto.

Fuerzas elásticas

Las fuerzas elásticas son especialmente adecuadas cuando la inercia del sistema movido debe ser lo más pequeña posible. Esto adquiere relevancia cuando el movimiento se efectúa a través de pequeñas articulaciones y cuando los movimientos deben ser rápidos. Se usan fuerzas elásticas como resistencia especialmente para ejercicios de la CC, de los extensores del tronco, los abdominales, de rotación del hombro, de los dedos, del antebrazo y de la articulación del tobillo, como vamos a explicar más detalladamente.

Las fuerzas elásticas son proporcionales al trayecto recorrido, aunque el correspondiente aumento de fuerza va en función de la constante elástica (D), o sea, de la dureza del muelle o de la banda elástica. En consecuencia, la resistencia al principio del movimiento es siempre menor a la resistencia del final del

movimiento. Esta “curva de resistencia”, que aumenta de forma lineal, no se corresponde en la práctica con la biomecánica del propio cuerpo. Esto hace que no se puedan realizar de forma efectiva grandes movimientos como por ej. los ejercicios de espalda, de hombro, pectorales o piernas. Puesto que tenemos masas muy grandes, necesitaríamos resistencias también muy grandes, y el aumento de la resistencia en las tracciones elásticas requeridas sería impracticable.

Si cuando realiza ejercicios con las bandas de goma desea aumentar la resistencia lentamente, debe aplicar tracciones con longitudes de partida grandes, de forma que el aumento de longitud porcentual sea lo más pequeño posible.

Si partimos por ej. de un alargamiento del 100% (fig. C-2), el tube 1, con una longitud de 100 cm, se alargaría consecuentemente 100 cm más, y el tube 2, de

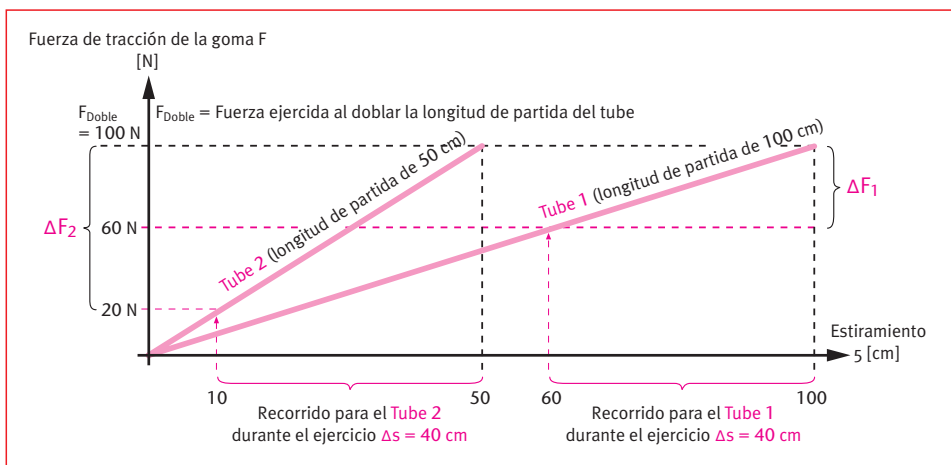


Figura C-2 Comportamiento de dos bandas de goma que parten de dos longitudes diferentes

50 cm de longitud, también se alargaría 50 cm. Ambos tube son idénticos, aparte de su diferencia de longitud. En ambos casos, la fuerza al final es, con un alargamiento del 100%, igual de grande, por ej. 100 N. Pero, si en un ejercicio se necesita un recorrido de 40 cm, la resistencia en el tube 1 aumentaría de 60 N a 100 N, mientras que en el tube 2 aumentaría de 20 N a 100 N. En el tube más corto la resistencia se multiplicaría por cinco y en el tube largo ¡llegaría casi a doblarse!

En algunos casos se provocará intencionadamente una carga inicial pequeña con un gran aumento de la resistencia, como en algunas secuencias de los ejercicios de los erectores (ver cap. D 3).

Fuerzas de rozamiento

Las fuerzas de rozamiento están presentes siempre y en todas partes al efectuar un movimiento. Si las queremos utilizar como resistencia en el entrenamiento de la fuerza, debemos distinguir entre dos tipos de fuerzas de rozamiento: la que se crea entre dos cuerpos sólidos que se mueven uno contra el otro (por ej. cuando empujamos un objeto) y la que se crea entre un cuerpo sólido y un líquido (por ej. el movimiento en el agua).

Las fuerzas de rozamiento que se crean entre dos cuerpos sólidos que se mueven uno contra otro son proporcionales a la fuerza de compresión y dependen del estado de ambas superficies de contacto. Cuanto con más fuerza esté colocado un anillo de freno en un ergómetro mecánico, mayor será la

fuerza de compresión y con ello la fuerza de rozamiento, que requiere una mayor fuerza de pedaleo. Cuanto más pesado sea el objeto que queremos arrastrar por el suelo, mayor será la fuerza de rozamiento al empujar un coche. Las fuerzas producidas magnética o eléctricamente tienen un comportamiento parecido, como en los frenos de corriente parásita o de Foucault, o en los motores eléctricos. En estos movimientos en los que domina el rozamiento debemos distinguir entre rozamiento por deslizamiento (movimiento de empujar) y rozamiento por rodamiento (por ej. los cojinetes del coche), aunque en un primer momento en ambos casos se debe superar el rozamiento por cohesión: si la diferencia entre el rozamiento por cohesión y el rozamiento por deslizamiento es relativamente grande, al iniciar el movimiento se debe superar un pico de resistencia importante. En movimientos continuos (como por ej. el del ergómetro) este efecto es irrelevante; pero en los movimientos típicos del entrenamiento de fuerza de ida y vuelta (concéntrico/excéntrico), en cambio, en cada punto de inversión se debe superar este pico de resistencia, de lo que resulta una curva de resistencia nada favorable (ver curvas de fuerza y de resistencia). Aquí debemos procurar que el rozamiento por cohesión sea muy pequeño.

Las fuerzas de rozamiento por movimientos efectuados en líquidos son proporcionales a la velocidad. Donde mejor se sienten es en el agua. Cuanto más rápido debamos efectuar el

movimiento, más alta será la resistencia sentida. Cuanto más dens sea el líquido, más importantes han de ser las fuerzas. Por esto la fuerza de rozamiento en movimientos dentro del agua es mucho mayor que la fuerza de rozamiento que se crea en un movimiento en el aire. La resistencia del aire no se convierte en una fuerza considerable hasta que no se alcanza una velocidad determinada (carrera de ciclismo, ir en coche, salto en paracaídas). Las fuerzas de rozamiento se utilizan en el entrenamiento en forma de resistencias acuáticas (cuerpo, remos adicionales, etc.), de máquinas de entrenamiento con cilindros hidráulicos y de resistencias aéreas a velocidades elevadas.

Una característica de ambos tipos de rozamiento es la posibilidad de reducir la resistencia inmediatamente a cero, cuando el practicante “deja ir”, sin ninguna consecuencia. Muy ventajoso para personas con lesiones determinadas, que tienen que librarse de la resistencia por la aparición de dolor local o por una pérdida de fuerza condicionada por el dolor, especialmente cuando la velocidad de movimiento sea alta. Según el medio de entrenamiento empleado se puede utilizar movimientos concéntricos puros, sin ningún componente excéntrico. Otro efecto típico es la ausencia total de resistencia en cada punto de inversión. Éste es un factor útil cuando queremos conseguir un objetivo determinado como efectuar repeticiones concéntricas, pero que no es positivo en general, porque faltan las tan necesarias cargas de compre-

sión y de cambio en esta parte de la articulación con sus estímulos regeneradores neuromusculares y biomecánicos. En movimientos dirigidos por un motor, los “golpes duros” que se suelen producir, representan pequeñas puntas de carga. Para algunas lesiones las fuerzas de rozamiento son beneficiosas y para las disciplinas deportivas en las que domina el rozamiento, como los deportes acuáticos o las carreras de ciclismo, estas fuerzas son estímulos adecuados a la práctica deportiva. Las resistencias de rozamiento representan constantemente curvas de resistencia, ya que en cada punto de inversión se produce un descenso de la resistencia con un pico de resistencia a continuación. En el sentido de obtener una coordinación adaptada a la vida diaria, la estabilidad articular y corporal, las fuerzas de rozamiento sólo deben ser aplicadas de forma reducida, exceptuando los casos particulares ya descritos.

Fuerzas de aceleración

Las fuerzas de aceleración, de hecho, son proporcionales a la aceleración. Según la ley básica de la mecánica $F = m \cdot a$, la fuerza de aceleración es tan alta como lo sea la aceleración que se imparte sobre un cuerpo y tan grande como la masa corporal movida. O sea, que si el cuerpo aumenta de velocidad en un período de tiempo, relativamente corto o bien es frenado en poco tiempo se necesita una fuerza lo suficientemente grande para conseguirlo. El máximo representante de la fuerza de aceleración es el omnipresente **peso**, con el que nos

vemos confrontados 24 horas al día. Si queremos sostener un objeto, el peso es exactamente la fuerza que debemos superar; si lo queremos levantar, debemos aplicar una fuerza superior al peso (dependiendo de la aceleración); al descender un objeto de forma controlada, la fuerza se hace más pequeña en relación con el peso.

Así pues, los pesos y sus correspondientes fuerzas de aceleración son las formas de carga con las que nos vemos confrontados más frecuentemente y también las de la mayoría de las disciplinas. No vivimos en el agua (dominio de las fuerzas de rozamiento) ni libres de la fuerza de la gravedad (con las breves excepciones de los astronautas), sino que debemos organizar nuestra vida, desde el nacimiento, con la presencia de la fuerza de la gravedad. Desde hace millones de años, nuestras funciones corporales se han adaptado y nuestro aparato locomotor está completamente adaptado biomecánica y neuromuscularmente para absorber y gestionar la fuerza de la gravedad. La fuerza de la gravedad representa también el tipo de resistencia más importante que hay que vencer durante el entrenamiento. ¡No en vano perseguimos el objetivo de aplicar la mejora de la fuerza corporal a la vida diaria y al deporte elegido! ¡Las fuerzas elásticas y de rozamiento tienen un campo de aplicación ya descrito, pero no podrán sustituir jamás al peso como tipo de resistencia!

Como **medio de entrenamiento** debemos aplicar masas, por ej. la del pro-

pio cuerpo, discos, halteras y mancuernas, insertar pesos en las máquinas de entrenamiento, etc. y todos ellos deben ser levantados en la fase concéntrica contra la fuerza de la gravedad.

Pero en algunos ejercicios y en determinadas posiciones, la **inercia** que acompaña a las fuerzas de aceleración representa en parte un gran problema. Con la reducción de la velocidad de translación y rotación se puede reducir como se quiera la inercia. En este sentido véase las explicaciones expuestas en el principio EF 7.

Otro aspecto importante para el entrenamiento es la motivación del practicante. Algunas investigaciones han demostrado que la fuerza de la gravedad es el factor de motivación más importante, pues es la fuerza que más conocemos. La cantidad de masa levantada de más en una sesión es experimentada y sentida por el practicante, sea éste practicante de fitness, deportista de competición o esté en proceso de rehabilitación, y tiene un efecto muy motivador. Es de todos sabido que el factor motivación es un tema clave respecto a la regularidad del entrenamiento que tiene un efecto decisivo sobre la magnitud y durabilidad de los efectos del entrenamiento.

Como hemos visto, cada resistencia tiene su campo de aplicación. Todos los tipos de resistencia producen efectos en el entrenamiento siempre que la resistencia sea suficiente. En las actividades de la vida diaria normalmente se combinan diferentes tipos de resistencias, aunque la mayor importancia –debido a la relevan-

cia que tiene en nuestra cotidianeidad—debe ser atribuida a las fuerzas de aceleración.

Al correr, al saltar o al ir en bicicleta, las fuerzas de rozamiento son las responsables de transmitir la fuerza muscular al suelo (acción-reacción; rozamiento entre la zapatilla y el suelo o bien entre la rueda y el suelo), pero en primera línea se debe ejercer un trabajo de aceleración, o sea, el tipo de resistencia relevante en este caso es la fuerza de aceleración. De este modo, al correr hay que impartir constantemente fuerzas de aceleración primarias para compensar constantemente la fuerza de atracción de la tierra y para acelerar el cuerpo en la dirección de la carrera. El efecto de frenado sólo lo producen las pérdidas por rozamiento al pisar el suelo y la resistencia del aire, que se hace especialmente dominante durante una carrera de ciclismo al aumentar la velocidad. Si además hemos de subir una pendiente, las fuerzas de aceleración requeridas serán más importantes.

2.2 Magnitud de las resistencias

Para hablar de entrenamiento de la fuerza y conseguir la adaptación del cuerpo expuesta en el capítulo A en respuesta a los estímulos de resistencia, éstos deben ser de suficiente magnitud.

El **valor de resistencia relevante para el entrenamiento se sitúa entre el 50 y el 100% de la carga máxima** (en el entrenamiento excéntrico también puede ser >100%), o sea, **entre 30 RM** (repetición máxima) **y 1 RM** (ver tabla C-5). Si las resistencias utilizadas están por debajo del 50% o son >30 RM, los ejercicios tendrán más bien un efecto de gimnasia o cardiovascular, y los efectos típicos del entrenamiento de fuerza, con las mejoras de salud, el aumento de la potencia y la corrección de defectos, ya no se podrán conseguir o se alcanzarán de forma muy limitada. Por otro lado, al realizar ejercicios con resistencias >100% en concéntrico aparecerán inevitablemente falsificaciones, movimientos de compensación, movimientos con impulso, limitaciones de la amplitud del movimiento, desviaciones de la mecánica corporal y una sobrecarga de las estructuras pasivas. Especialmente en principiantes y en practicantes de nivel medio esto puede causar a lesiones, la aparición de patrones motores erróneos y adaptaciones parciales.

La aplicación de resistencias demasiado pequeñas provoca que hagamos gran cantidad de repeticiones: si por ejemplo el practicante efectúa una serie con 20 repeticiones y podría superar un máximo de 8 repeticiones más —o sea, tendríamos una serie de 28 RM—, la carga es claramente insuficiente. Sería necesario aumentar la resistencia (exceptuando las series de calentamiento, ver principio EF 10). En las máquinas de pesos libres esto se calcula fácilmente colocan-

do sencillamente otro peso. En la realización de ejercicios libres, como cuando utilizamos el propio peso corporal como resistencia, se puede dificultar los ejercicios en forma de cargas adicionales libres (por ej. añadiendo discos), en forma de correa o de gomas o introduciendo cambios en la geometría (cambios en las palancas). En los ejercicios que se presentan en el siguiente apartado se explicitan las posibilidades ideales de dificultar los ejercicios. La dificultad del ejercicio ha de poder ser introducida siempre de forma gradual, de modo que sea posible

entrenar con las resistencias deseadas sin tener que hacer concesiones. Esta medida es especialmente importante en los principiantes. En este sentido asegúrese de que las máquinas de pesos dispongan de una graduación suficiente de niveles.

Las resistencias demasiado elevadas nos harán abandonar, ¡son sencillamente demasiado altas! No se puede realizar el ejercicio o aparecen compensaciones fácilmente reconocibles. Muchas veces se limita simplemente la amplitud del movimiento o se efectúa un movimiento de rebote en los puntos de

Tabla C-5 Definiciones de importancia para las resistencias

Carga máxima/RM – Magnitud de la resistencia– Entrenamiento de fuerza máxima
La carga máxima que puede superar concéntricamente una vez el practicante en un ejercicio sin falsificarlo se denomina carga máxima $F_{m\acute{a}x}$. o también 1 RM (una repetición máxima), y la fuerza necesaria para hacerlo se denomina fuerza máxima concéntrica. Este valor específico del ejercicio está naturalmente un poco en función de la constitución física y de la física del momento y va aumentando en el curso del entrenamiento.
La magnitud de las resistencias sólo se indica porcentualmente en relación con la carga máxima , por ej. el 60 o el 80% de la carga máxima –o bien en relación con el máximo número de repeticiones– o sea, 5 RM ó 12 RM significa que podemos elegir un peso con el que se pueda efectuar un máximo de 5 ó 12 repeticiones (no 6 ó 13).
Relacionar la magnitud de la resistencia con la RM tiene algunas ventajas prácticas. En primer lugar no es necesario efectuar regularmente una prueba de fuerza máxima para cada ejercicio (pérdida de tiempo, debe repetirse con cada progreso en el entrenamiento y puede ser problemático para principiantes o personas en proceso de rehabilitación según el ejercicio planteado). En segundo lugar, el número de repeticiones posibles con un 70% de la carga máxima, por ej., varía considerablemente entre los diversos practicantes y entre diferentes tipos de ejercicios (cuanto más grandes sean los grupos musculares y más aislado sea el ejercicio, mayor será la RM por una carga determinada) (Fleck 1997).
En el entrenamiento de fuerza máxima , la mayoría de las series se hacen con una carga máxima del 75 al 95%, es decir de entre 3 RM y 12 RM.

inversión del movimiento. En estos casos la realización del ejercicio parece correcta, pero es insuficiente e incluso a veces provoca sobrecargas y acaba produciendo todas las desventajas de un entrenamiento con una amplitud del movimiento incompleta (ver principio EF 3). ¡La apariencia puede engañarnos fácilmente y conducirnos a la extracción de conclusiones erróneas!

La magnitud de la resistencia no se decide sólo en función de la fuerza actuantes (el peso y la fuerza de rozamiento entre otras), es decir, de la masa utilizada, sino que también está en función de las relaciones de palancas con las que la fuerza actúa sobre el cuerpo o sobre determinadas articulaciones (momentos de giro, ver cap. C), de la velocidad o aceleración del movimiento y finalmente, y en consecuencia, del trabajo físico ejecutado (Tabla C-6).

En este sentido podemos observar cómo algunos ejercicios que son puramente de peso corporal, por ej. los *dips* o fondos en paralelas, producen, debido a las desfavorables relaciones de palanca en la fase de movimiento flexionada, una enorme sobrecarga en la articulación glenohumeral. En consecuencia, este ejercicio, debern practicar sólo las personas con una musculatura del hombro ya fuerte (mínimo 12 meses de entrenamiento de fuerza intensivo) o con contrapesos que liberen del peso corporal.

Los movimientos de *crunch* o de *sit up* producen momentos de giro muy altos debido al gran brazo de palanca sobre el que actúa el peso de la parte superior del tronco, que solamente superarán las personas que dispongan de unos músculos abdominales muy bien entrenados. Si no es así, obtendremos una limitación del movimiento inaceptable o una sobrecarga de la columna lumbar (CL) (ver entrenamiento abdominal).

Así pues, debemos analizar los ejercicios, especialmente los ejercicios realizados con el peso del cuerpo, en función de los 4 factores mencionados. En los ejercicios con el peso del cuerpo es evidente que no es posible reducir la masa del cuerpo, pero cabe utilizar contrafuerzas de descarga (aplicación explícita por ej. en los *crunches* funcionales, ver D 4.4a). También se puede reducir los brazos de palanca variando la geometría de los ejercicios, consiguiendo así una reducción de los momentos de giro actuantes. En cualquier caso debemos controlar la velocidad del movimiento, tema que se expone explícitamente en el principio EF 7. En concordancia, el trabajo cinético debe ser pequeño (excepto en los casos en los que sea necesario para la práctica de un deporte específico, como el levantamiento de pesos). En la fase de movimiento concéntrico, por el contrario, debemos asegurarnos de que se produzca un trabajo de máxima potencia.

Tabla C-6 Influencias sobre la magnitud de la resistencia

Magnitud de la resistencia en función de los siguientes factores
1. Fuerzas actuantes (peso, rozamiento, estiramiento)
2. Relaciones de palancas (momentos de giro que actúan sobre cada articulación)
3. Velocidad del movimiento (ver explicaciones del principio EF 7)
4. Trabajo físico que hay que producir (como consecuencia de la altura de elevación y de la velocidad del movimiento)

Como se muestra en la figura C-3, los efectos del entrenamiento de la fuerza presentados en el capítulo A se pueden clasificar en función de las diferentes resistencias. Con resistencias del **50 al 75% de la $F_{m\acute{a}x}$** , se consiguen los efectos que **mejoran el aporte energético**.

Para conseguir efectos estructurales más amplios se debe trabajar con resistencias a partir del **75% y hasta el 90% de la $F_{m\acute{a}x}$** , o bien **≤ 12 RM** en el sentido del entrenamiento con fuerza máxima.

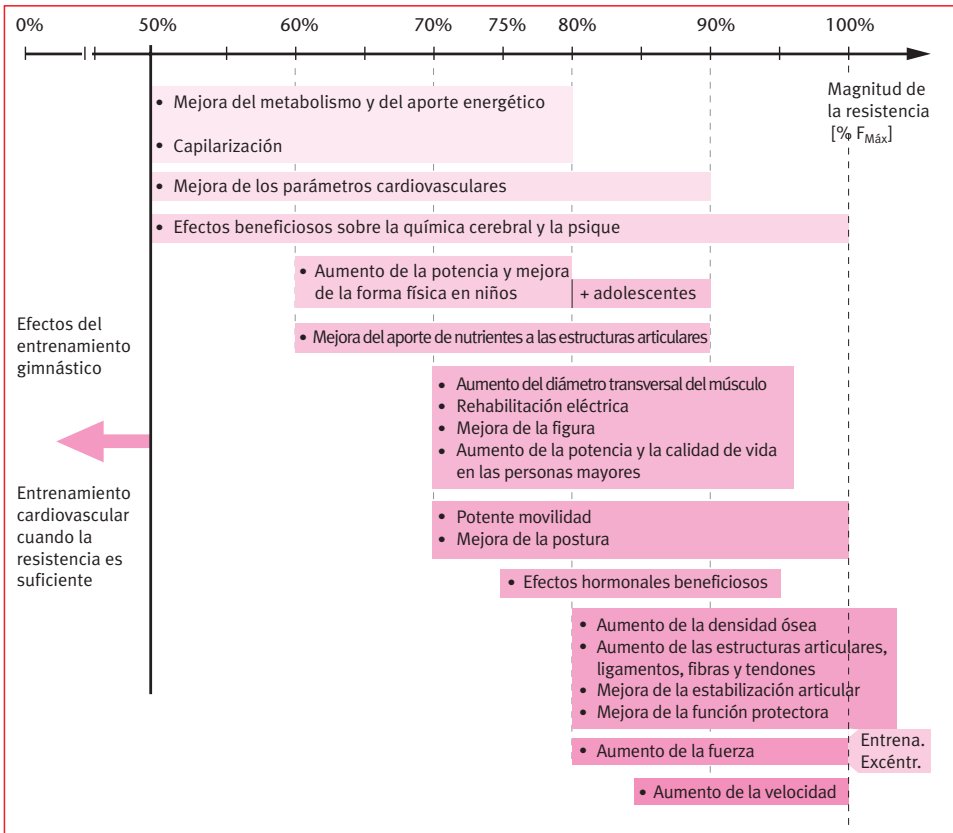


Figura C-3 Efectos del entrenamiento muscular diferenciado en función de la magnitud de la resistencia

Para mejorar la forma física en su conjunto y la potencia, se debe combinar los distintos tipos de resistencias. Si perseguimos la consecución de un objetivo concreto, debemos priorizar el tipo de resistencia que nos interese. ¡Pero debemos despedirnos de la idea que con pequeñas resistencias se puede conseguir grandes efectos! Los efectos nuevamente resumidos a continuación del entrenamiento de la fuerza no pueden ser conseguidos con resistencias <75%. Los espectaculares efectos que produce el entrenamiento con fuerza máxima en personas mayores o muy mayores quedó probada de forma impresionante por la gran cantidad de estudios llevados a cabo en los años 1990 (entre otros Fiatarone 1990 y 1994, y Charette 1991) (ver cap. A 17).

! En las clases de deporte se explica que los ejercicios con pesos adicionales provocan sobrecarga (especialmente en niños y adolescentes), pero que, en cambio, los ejercicios en los que únicamente se usa el peso del propio cuerpo no presentan ningún problema. Estas afirmaciones son, en primer lugar, demasiado generalizadas; en segundo lugar, falsas para algunos ejercicios y movimientos, y, en tercer lugar, lamentables, ya que gracias a ellas se dejan aplicar muchos estímulos de fuerza esenciales para el joven organismo o se aplican con una graduación progresiva inadecuada. En mi opinión, ejercicios supuestamente inofensivos como

los ejercicios de gimnasia en las barras o el de la carretilla con las manos en el suelo se pueden definir como cargas muy altas debido a los momentos de giro que en ellos se crean. También algunos ejercicios altamente dinámicos como saltar sobre pequeños objetos o el potro, o el aterrizaje en el suelo desde algunos aparatos deportivos producen fuerzas de aceleración extraordinariamente negativas, para las que las estructuras infantiles están frecuentemente poco desarrolladas. Solamente el entrenamiento muscular diferenciado orientado a largo plazo con resistencias dosificadas puede proporcionar, más en organismo infantiles o jóvenes, la estabilidad y fuerza básicas suficientes (ver A 18 y principio EF 12).

! **¡Las resistencias deben estar adaptadas al ejercicio!**

En el entrenamiento dinámico nos debemos asegurar en general de que, en la fase concéntrica, especialmente al efectuar movimientos de rotación y de inclinación, se produzca un trabajo “realmente” físico, es decir, la energía potencial debe ser mayor al final de la fase concéntrica que al inicio. Si utilizamos masas para el entrenamiento, éstas deben ser levantadas en su totalidad durante la fase concéntrica. Si se utilizan fuerzas elásticas, se debe haber producido un

trabajo de estiramiento, es decir, la energía de estiramiento al final del movimiento concéntrico debe ser mayor que al inicio.

En este sentido, el ejercicio de inclinación lateral del tronco en bipedestación con una mancuerna en cada mano no plantea las exigencias que un ejercicio de fuerza dinámica, pues el levantamiento de un lado se ve compensado por el descenso forzado y de igual peso del otro lado. Tampoco en ejercicios como la rotación de la columna vertebral en el plato de twist o al realizar ejercicios con picas (erguido o inclinado hacia delante) no se produce un trabajo potencial; en la

utilización de cargas adicionales tampoco se levantan masas contra la fuerza de la gravedad. Durante la realización del movimiento resulta una cierta resistencia tan sólo del trabajo de aceleración a efectuar, ya que el plato (o la pica/parte superior del cuerpo) se acelera en correspondencia horizontalmente y debe ser frenado inmediatamente de nuevo (aceleración angular), para ser acelerado de nuevo en la dirección contraria. El estímulo de entrenamiento en estos ejercicios se mantiene por debajo del umbral, a pesar de la alta carga que representan para la columna vertebral; se necesitarían velocidades más altas para ofrecer la

Tabla C-7 Ventajas del entrenamiento con fuerzas máximas (cargas $\geq 75\%$ Fmáx. o bien ≤ 12 RM)

<p>1. Mejor protección Las lesiones traumáticas como fracturas óseas, luxaciones, fisuras y muchas inflamaciones provienen de la aplicación de cargas mecánicas muy altas a corto plazo. Los músculos fuertes:</p> <ul style="list-style-type: none">• tienen mejores cualidades de amortiguación• pueden absorber mayores fuerzas exteriores• pueden proteger mejor a la articulación• pueden alejar el cuerpo más rápidamente del peligro
<p>2. Son posibles movimientos más rápidos y más potentes (ver cap. A1 y 4 y el principio EF 7)</p>
<p>3. Formas corporales más fuertes – aspecto más atractivo (ver capítulo A 12)</p>
<p>4. Fortalecimiento de las estructuras pasivas como por ej. el cartílago, los ligamentos, los tendones, los huesos y la cápsula Se necesitan importantes fuerzas de tracción y de compresión (ver capítulo A5+6)</p>
<p>5. Mejora de la postura y descarga de la columna vertebral (ver capítulo A 8 y Capítulo D)</p>
<p>6. Mejor protección y aumento de la potencia en personas mayores (ver capítulo A 17 y principio EF XI)</p>

resistencia correspondiente (ver problemas en el principio EF 7), y existe el peligro del impulso. Finalmente, la fascinación por “mover pesos pesados” puede motivar falsamente sobre todo al principiante, ya que de hecho ¡las cargas no son realmente levantadas por él!

Las cinemáticas de ejercicios como las que acabamos de describir se pueden crear de forma mucho

más efectiva y con la aplicación de cargas beneficiosas efectuando un trabajo de resistencia real con una amplitud articular igual o incluso mayor. Encontrará los ejercicios correspondientes en el apartado de ejercicios del capítulo D (explícitamente de rotación de la columna vertebral ver ejercicio D 4.5 g y h ; inclinación lateral de la CV ver ejercicio D 4.5 d).

Tabla C-8 Fibras musculares ST y FT (Fleck 1990, Tittel 1990)

Características	Fibras ST	Fibras FT
Otras denominaciones	- <i>Slow-Twitch Fibers</i> (de acción lenta) - Fibras tipo I - Fibras rojas	- <i>Fast-Twitch Fibers</i> (de acción rápida) - Fibras tipo II - Fibras blancas
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida
Fuerza máxima por mm	Pequeña	Grande
Capacidad de hipertrofia	Menor	Mayor
Umbral de estimulación	Bajo	Alto
Diámetro de las fibras	Pequeño	Grande
Tiempo de recuperación	Lento	Rápido
Capacidad de resistencia	Resistente	Fatigable
Respectivos valores altos (entre otros)	- Capilarización - Número de mitocondrias - Enzimas del metabolismo aeróbico - Triglicéridos	- Grandes motoneuronas - ATP + PC - Enzima del metabolismo anaeróbico - Glucógeno
Obtención primaria de energía	Oxidación “sustancia” + O ₂ CO ₂	Glucólisis anaerobia Glucosa ácido láctico
Acentuación del entrenamiento mediante	- Resistencias medias - Muchas repeticiones - Deportes de resistencia	- Entrenamiento máximo de la fuerza - Pocas repeticiones - Movimientos explosivos
Capacidad de transformación	ST FT no probada	FT ST posible

Información complementaria

Fibras musculares ST y FT

El músculo esquelético humano está compuesto de fibras musculares que van desde decenas de miles hasta más de un millón. Entre estas fibras musculares se diferencian varios tipos de fibras, de las que solo presentaremos de forma resumida dos grupos, las **fibras FT** (*fast twitch*) y las **fibras ST** (*slow twitch*) (ver tabla C-8).

Como describió *Hollmann*, las fibras FT, con sus altos umbrales de estimulación, son reclutadas solamente cuando los movimientos son muy rápidos o cuando la resistencia es muy alta; las fibras ST, por el contrario, con su bajo umbral de estimulación, entran en acción casi siempre y están permanentemente activadas cuando las cargas son continuadas (*Hollmann* 1990). La cantidad de fibras de un tipo o de otro que se encuentra en cada músculo varía mucho entre las personas. *Howald* por ej. demostró la existencia de un espectro del 20% al 80% de un tipo de fibras en un músculo determinado (*Howald*). La repartición de fibras viene determinada en gran parte genéticamente y en cierta medida es diferenciable mediante diferentes estímulos corporales durante los años de juventud.

Los deportistas que compiten en diversas disciplinas deportivas de velocidad, como los velocistas, los

levantadores de pesos o quienes practican deportes de lucha, tienen normalmente una gran proporción de fibras FT en los músculos responsables de la aceleración. En contraposición, los deportistas que practican disciplinas de resistencia como la marcha o la carrera de fondo tienen una gran proporción de fibras ST en los músculos que usan continuamente.

Aquí pues termina el debate tan frecuentemente planteado de si y en qué medida es posible transformar unos tipos de fibras en otros.

En el laboratorio, en un músculo aislado (*in vitro*) se ha probado la transformación del tipo de fibras de FT a ST y de ST a FT con la aplicación de los correspondientes estímulos eléctricos. Pero en las personas la transformación con valores representativos sólo se ha producido en una dirección, de fibras FT a fibras ST. En las personas no ocurre como en el laboratorio; las altas frecuencias de inervación necesarias para la transformación de fibras ST en fibras FT no se mantienen durante 24 h al día. Pero en relación con la superficie transversal del músculo, el deportista puede conseguir una cierta variación en la composición porcentual de sus fibras.

Si por ej. un músculo está compuesto por un 40% de fibras rápidas y un 60% de fibras lentas, y suponemos que todas las fibras tienen el mismo grosor, la sección

transversal del músculo también está compuesta en un 40% por fibras rápidas y en un 60% por fibras lentas (figura C 4a). Si con este músculo el deportista realiza un entrenamiento de la fuerza máxima intensivo, se produce una hipertrofia de todas las fibras musculares, en la que las fibras FT experimentan un aumento mucho mayor de su sección transversal (ver tabla C8). Supongamos que, después de un cierto tiempo de entrenamiento, la sección transversal de todas las fibras FT se hubiera triplicado y la de las fibras ST hubiera aumentado un 50% (figura C-4b). Continuamos teniendo el 40% de fibras musculares del tipo II y el 60% de fibras musculares del tipo I, pero en relación con la superficie transversal absoluta esto representa una

sección transversal de las fibras FT del 57% y un 43% de las fibras ST que determinan el rendimiento.

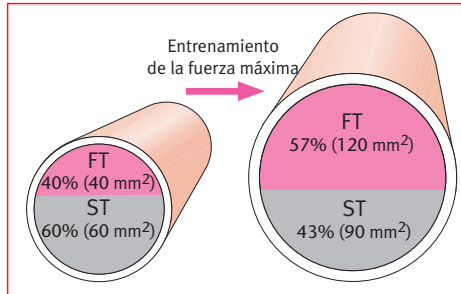


Figura C-4 A modo de ejemplo, modificación de la proporción de las fibras musculares en relación con la superficie transversal
 a) Proporción existente de las fibras 40/60 FT/ST
 b) Fibras musculares hipertrofiadas con un engrosamiento del 200% de las fibras FT y un engrosamiento del 50% de las fibras ST. Nueva proporción de la sección transversal 57% FT y 43% ST.

Tabla C-9 Curvas de fuerza y de resistencia

	Definición	Características
Curva de resistencia	Entendemos por curva de resistencia el desarrollo de las fuerzas exteriores y momentos influyentes sobre el cuerpo dependiendo del recorrido del ejercicio o bien del correspondiente ángulo articular.	<ul style="list-style-type: none"> Las curvas de resistencia dependen exclusivamente de la dirección y el tipo de resistencia. Las curvas de resistencia varían ampliamente para cada movimiento. Se pueden producir por ej. adaptaciones de las curvas de fuerza o valores de resistencia constantes.
Curva de fuerza	Entendemos por curva de fuerza la suma de todos los momentos de rotación producidos muscularmente para llevar a cabo un movimiento (tanto uni como poliarticular) dependiendo del recorrido del ejercicio o bien del ángulo articular.	<ul style="list-style-type: none"> Las curvas de fuerza son sumamente específicas del movimiento (dependiendo de la variación de la geometría corporal) Dependientes en menor grado de la velocidad Muestran poca variación de una persona a otra

2.3 Desarrollo de la resistencia

a) Curvas de fuerza y de resistencia

Durante la realización de un ejercicio frecuentemente no se mantiene una resistencia constante, ya que la mayoría de las veces la geometría de las fuerzas actuantes sobre el cuerpo (dirección de la fuerza, brazos de palanca) varía a lo largo del movimiento y también lo hace parcialmente la magnitud de la resistencia. En los casos en que la resistencia varíe en función del ángulo articular hablaremos de **curva de resistencia** (ver Tabla C-9).

La capacidad del cuerpo para desarrollar fuerza depende también de la

geometría “interna”, es decir, de la dirección de tracción del momento de los músculos solicitados y de la posición articular. Estos parámetros varían con el movimiento; hablamos de las **curvas de fuerza** típicas del movimiento (ver tabla C-9).

De este modo, en ejercicios como la sentadilla o el press de hombros sobre la cabeza, experimentamos que en un punto determinado del movimiento se hace especialmente difícil superar la resistencia. En este punto denominado “punto muerto del movimiento”, la curva de fuerza tiene el valor más bajo. Si en un entrenamiento se entrena de forma agota-

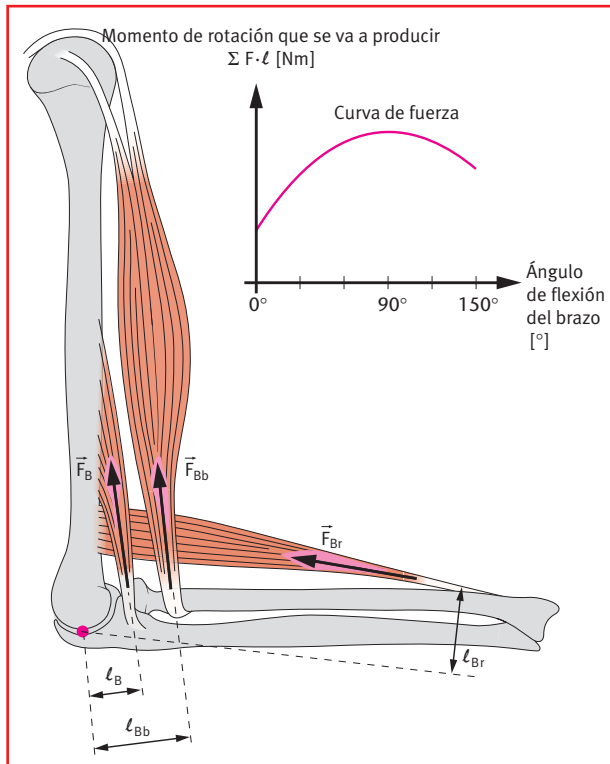


Figura C-5 Curva de fuerza del movimiento de flexión del brazo con la articulación del hombro colocada a 0°.

dora con una resistencia constante, es exactamente en este punto muerto del movimiento en el que se produce la interrupción del ejercicio.

b) Ejemplos de diversas curvas de resistencia y de fuerza

¡Las curvas de fuerza son sumamente específicas del ejercicio! Por esto la colocación de las articulaciones colindantes, especialmente para los músculos poliarticulares, tiene tanta influencia como la posición de las partes del cuerpo relevantes para el ejercicio y las posibles masas de impulso implicadas (Hay 1994, Graves 1990). A modo de ejemplo podemos ver que en un movimiento de flexión de la rodilla con la cadera a 0° (por ej. ejercicio de flexión de la rodilla estando estirado) existe un desarrollo de la fuerza distinto al que se produce al efectuar el mismo movimiento estando la cadera flexionada 90° (por ej. flexión de rodillas estando sentado). Al efectuar mediciones o posibles simulaciones de una curva de fuerza también depende de si la extremidad a mover o el tronco se deben levantar en la fase concéntrica contra la fuerza de la gravedad (por ej. levantar los brazos con pesas) o de si, al descender el cuerpo, el ejercicio se hace incluso más fácil (por ej. el descenso de los brazos en los jalones con polea).

Las curvas de fuerza se pueden medir tanto en máquinas isocinéticas como de forma isométrica en diversos ángulos articulares. Las mediciones EMG también dan una ciertaretroalimentación sobre el desarrollo de la curva de la fuerza de un músculo determinado.

Estas mediciones son aparatosas y continúan presentando importantes compensaciones. Las máquinas isocinéticas con una biomecánica inteligente existen sólo para muy pocos movimientos: las mediciones isométricas dependen del orden de las mediciones (Graves 1989) y, naturalmente, nunca reproducen la situación de movimiento “real”. Las mediciones EMG dan problemas de interpretación para el conjunto del movimiento y además influyen en la motivación del practicante por el ámbito de experimentación, la persona que dirige el experimento y el propio estado mental: una medición difícilmente estandarizable. En cualquier caso se debe considerar las masas corporales movidas y la variación de sus relaciones con la fuerza de la gravedad, que toman relevancia especialmente en los movimientos de las piernas y el tronco.

En el ejemplo del **movimiento de flexión del codo** sin componente de pronación/supinación con la articulación del hombro a 0° se puede dar una representación simplificada de la curva de fuerza (Figura C-5). Los tres músculos flexores del brazo relevantes, el braquiorradial, el braquial y el bíceps braquial, ejercen cada uno un momento de rotación flexor sobre la articulación del codo, que se convierte en producto de la respectiva fuerza muscular y del respectivo brazo de palanca dependiente del ángulo articular. Todos los brazos de palanca alcanzan su mayor longitud cuando el ángulo del codo es de 90°, dando aquí el máximo de la curva de fuerza.

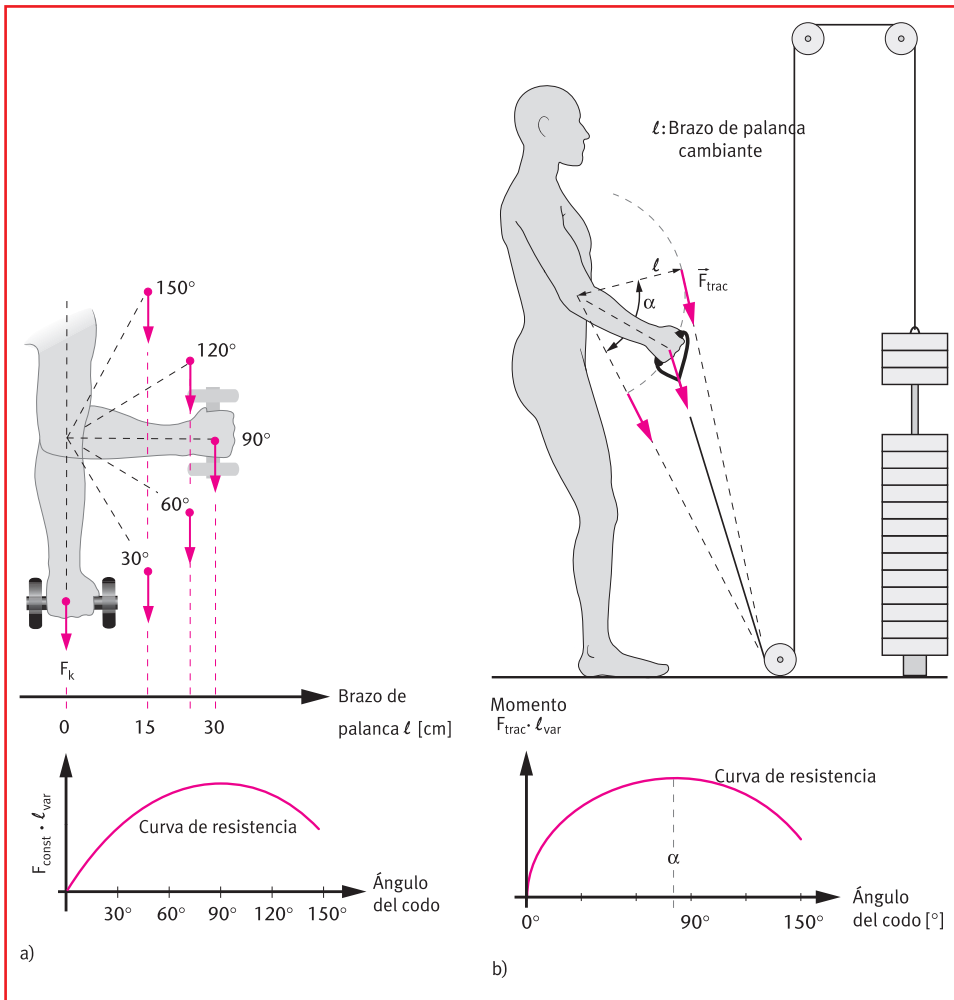


Figura C-6a-d Diferentes curvas de resistencia del movimiento de flexión del brazo con la articulación del hombro a 0° aprox.

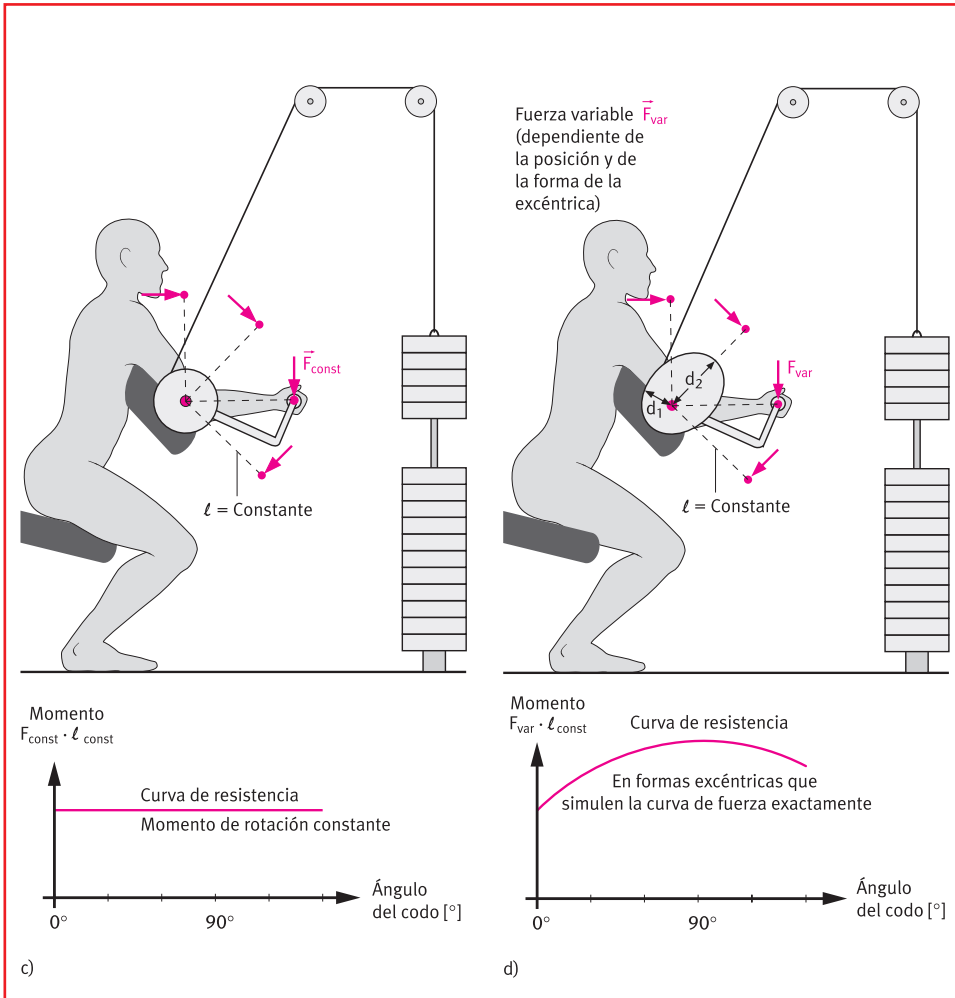
a) Curls con mancuernas

b) Máquina de tracción de poleas sin eje de giro (la curva depende de la posición del practicante respecto a la polea inferior)

En el ejemplo de estos movimientos de flexión del codo específicos se han representado diferentes curvas de resistencia en la figura C-6 que se pueden producir con la variación de las magni-

tudes y direcciones de las resistencias utilizando material diverso.

Para este ejercicio específico, los curls con mancuernas utilizados en la figura C-6 representan la mejor simu-



c) Máquina de flexión de brazos con eje de giro

d) Como c) pero con excéntrica (naturalmente dependiendo de cómo la hayamos colocado)

lación de la curva de fuerza excéntrica.

Así, si está interesado solamente en algunas fracciones del movimiento o es muy importante para usted aislar el movimiento, estas clasificaciones de ejercicios pueden ser interesantes. En la

elección de los ejercicios también deben considerar otros parámetros (ver los siguientes principios EF).

Un **movimiento de extensión de la columna lumbar** sin componente extensor de la cadera presenta un desarrollo de

la fuerza casi lineal. En estado de flexión se puede desarrollar más fuerza que en el de extensión (entre otros Graves 1990), en el que la masa de la parte superior del cuerpo se compensa en la medición (figura C-7).

En el entrenamiento de la extensión de la columna lumbar (más detalladamente expuesto en la parte de ejercicios) se puede producir de nuevo distintas curvas de resistencia variando la configuración de los ejercicios y el equipamiento. Los ejercicios de extensión libres de la figura C-8 se han representado a modo de ejemplo.

El ejercicio de extensión lumbar en bipedestación es el que simula mejor el desarrollo de la curva de fuerza. Sin embargo, la carga mayor se alcanza con la flexión completa (ver cap. D 2.2). El desarrollo de la resistencia del ejercicio de extensión horizontal tiene en contraposición ventajas considerables para personas que sufran por ej. una limitación de la flexión máxima (como cuando existe una hernia discal). El ejercicio de 45° de extensión ofrece a su vez un desarrollo de la resistencia relativamente estable con una ADM totalmente alcanzable. Encontrará una descripción más detallada en el apartado de ejercicios.

Si consideramos las **máquinas de tracción de poleas libres** como equipamiento para la realización de los ejercicios, podremos simular con ellas distintos desarrollos de resistencias; en los movimientos uniarticulares de más amplitud resultan curvas de resistencia claramente pronunciadas (figura C-9).

La dirección de tracción de la cuerda en relación con la dirección del movimiento determina el momento de rotación efectivo. En el momento en que la dirección de la tracción de la cuerda transcurre prácticamente perpendicular a la dirección del movimiento (90°) actúa el movimiento de giro máximo. Cuanto menor sea este ángulo, menor es el momento de rotación efectivo. De esta manera, por ej., el momento de rotación máximo en movimientos de 180° como el de rotación de los hombros o de la caja torácica, se alcanza en el punto medio del movimiento.

Si quiere alcanzar el máximo en una posición determinada, debe escoger la posición de 90°. Mediante la tracción de poleas se puede evitar especialmente las posiciones forzadas (ver principio EF 4), con la posición correcta.

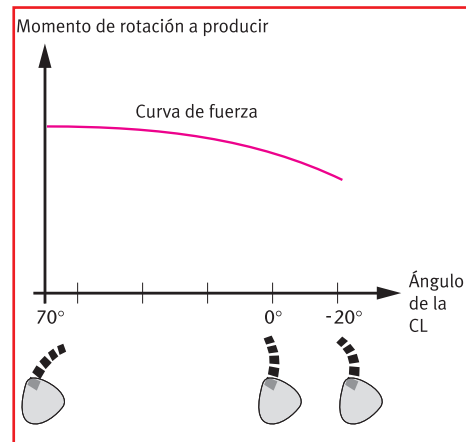


Figura C-7 Curva de fuerza de un movimiento de extensión de la columna lumbar

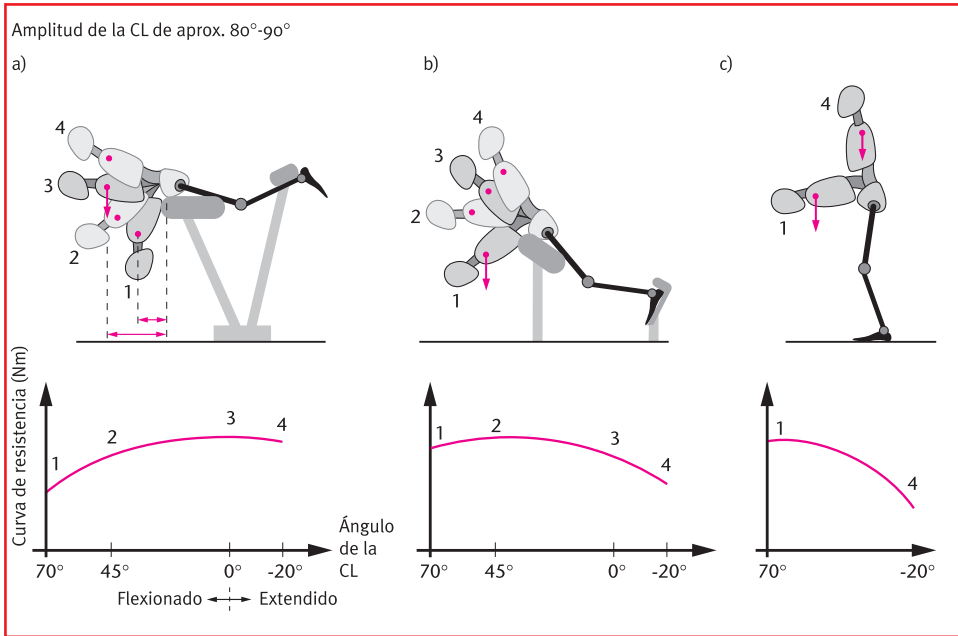


Figura C-8 Distintas curvas de resistencia de un movimiento de extensión lumbar de la columna a) Hiperextensión horizontal, b) Hiperextensión 45°, c) Ejercicio de extensión lumbar en bipedestación

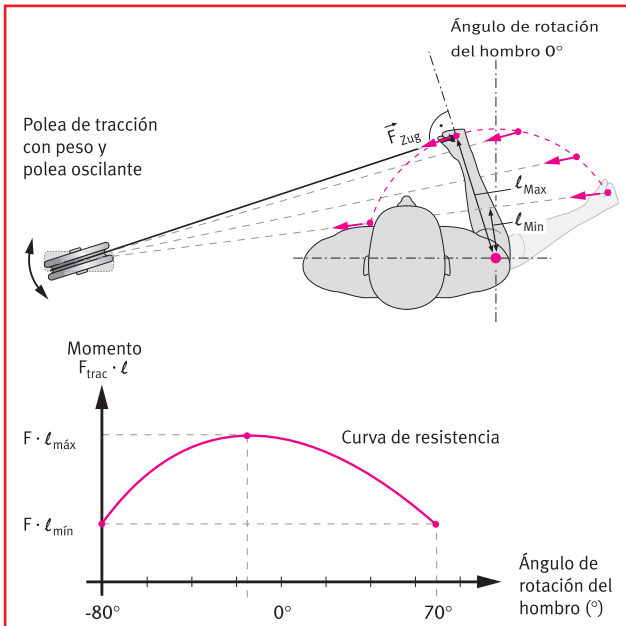


Figura C-9 Desarrollo de la resistencia en una máquina de tracción de poleas, (ej. rotación externa del hombro)

En la figura C-10 se representan otras posibilidades de cómo producir los típicos desarrollos de resistencia **configurando el ejercicio** de diferentes maneras.

Si además se aplican **resistencias de estiramiento**, aparecerán, como hemos descrito anteriormente, un aumento de las resistencias más o menos lineal. Este efecto también se puede utilizar como

sistema para conseguir que la resistencia no disminuya al final del movimiento. Como ejemplo de este fenómeno observe el ejercicio de extensión lumbar en bipedestación (figura C-8 c), en el que el inconveniente de la disminución de la resistencia se corrige con una resistencia de estiramiento adicional (ver cap. D 3). Para la aplicación de resistencias de esti-

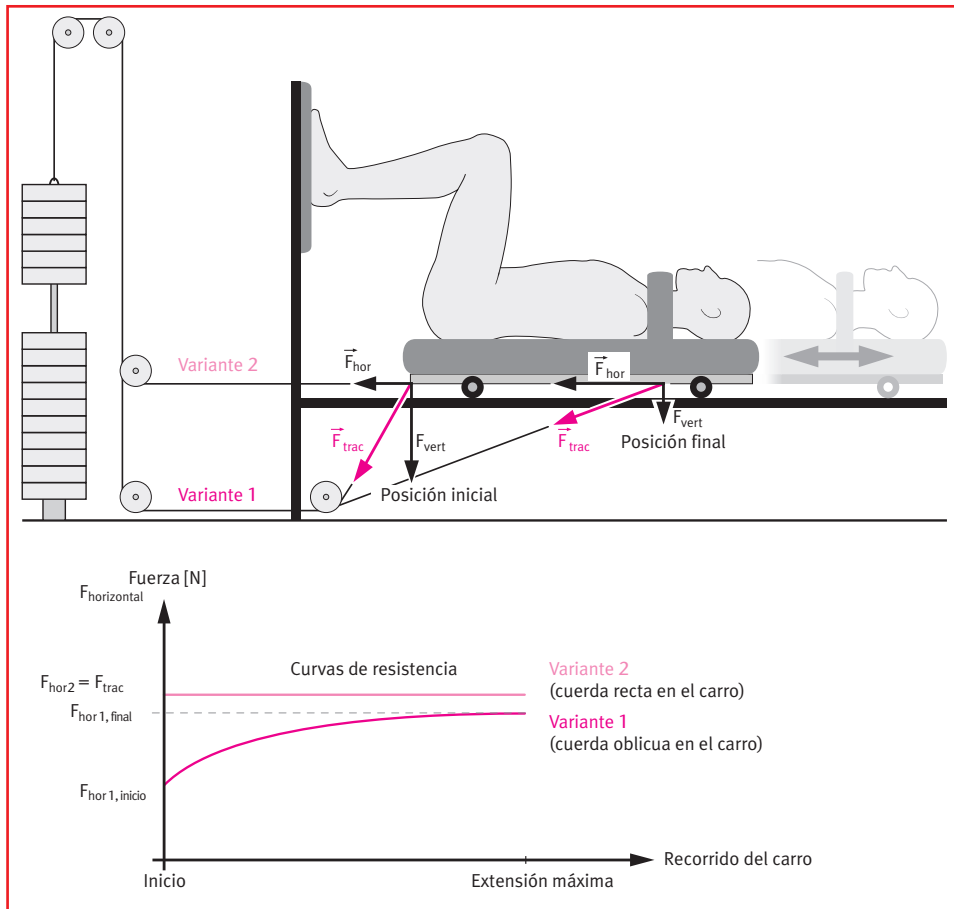


Figura C-10 Variación de las curvas de resistencia mediante la variación de las cargas. a) Prensa de piernas con carro y con cuerda (1) recta o (2) oblicua

ramiento en forma de gomas solamente son válidas las constataciones expuestas en los ejercicios en la máquina de tracción de poleas.

c) Elección de las curvas de resistencia adecuadas

Se discute y es motivo de controversia en la literatura específica si las curvas de

resistencia que simulan el desarrollo de la curva de fuerza son más adecuadas para el crecimiento muscular o para el crecimiento de la fuerza. Para obtener un crecimiento muscular son necesarias, como saben, contracciones musculares máximas, que parecen más producibles con el entrenamiento de simulación de las curvas de fuerza. De este modo el movimiento se puede efectuar bajo grandes cargas durante más tiempo; es menos frecuente la aparición de un fallo puntual, y se puede apurar al máximo la realización de movimientos completos. Pero, aunque la simulación de estas curvas de fuerza es muy favorable, requiere el previo conocimiento del desarrollo exacto de éstas. Si por ej. un desarrollo de resistencia predeterminado mecánicamente simula una “curva de fuerza falsa” (Pizzimenti 1992, Harman 1983), en el momento “más débil del movimiento”, se estará produciendo una carga demasiado alta; aquí se debe considerar la aplicación de una resistencia puramente constante como una carga más ventajosa. Además, en diversas investigaciones se demostró que con la aplicación de resistencias constantes en comparación con la aplicación de resistencias simuladoras de las curvas de fuerza se conseguían valores de fuerza prácticamente comparables (Manning 1990).

Otra cuestión poco discutida hasta la actualidad respecto a la aplicación de secuencias de resistencias adecuadas se refiere no sólo al desarrollo muscular, sino también a la creación de una **situación de carga lo más favorable**

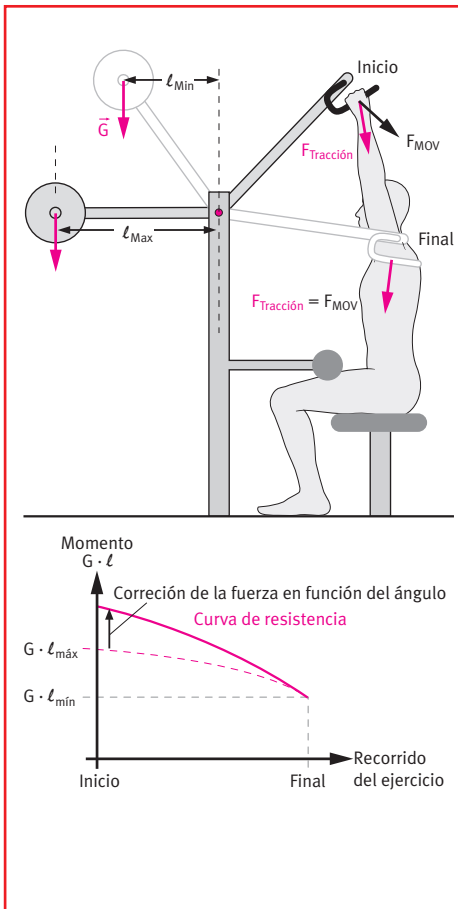


Figura C-10 Continuación
b) Máquinas de poleas

posible para las estructuras pasivas.

Dado que, como hemos visto antes, para conseguir los efectos de entrenamiento presentados en el capítulo A se necesitan cargas de entrenamiento más altas, debemos asegurarnos de que estas cargas altas no produzcan picos de carga en las estructuras pasivas cuando se trabaja con amplitud articular máxima. Si en algún punto de inversión del movimiento la geometría de la tracción muscular es inadecuada, en esta fase del movimiento la resistencia debería reducirse correspondientemente. En especial si se llega a la posición articular final, se debe considerar la reducción local de la resistencia como medida de protección articular.

Llegados a este punto, debemos mencionar otro punto importante: **garantizar la totalidad de la amplitud articular (ADM)**, tal como se expone en el principio EF 3. Durante la realización de los ejercicios se pierde amplitud articular de forma sistemática si existen secuencias de movimiento con resistencias demasiado altas. Sería ideal para cada ejercicio combinar la descarga de la resistencia en los llamados "puntos muertos del movimiento" con una curva de resistencia que posibilite la ADM (ver las indicaciones explícitas en el principio EF 3).

De **forma resumida** podemos afirmar que la **adaptación de las resistencias** no tiene mucho sentido para con el desarrollo efectivo de la fuerza y en cambio si lo tiene en cuanto a la descarga que representa para las estructuras pasivas y en tanto que permite efectuar los movimientos con una amplitud articular

total. Además, ante la presencia de limitaciones como sucede en lesiones, se aconseja trabajar con curvas de resistencia adecuadas, que acostumbran a ser más débiles en la zona afectada. Para la simulación de determinadas secuencias motrices relevantes para un deporte concreto tiene sentido aplicar el desarrollo de resistencia deseado. En este sentido, el conocimiento de los respectivos desarrollos de resistencias y las posibilidades de variación que permite un equipamiento adecuado tienen muchas ventajas para el entrenamiento. Según el ejercicio, la disposición y los objetivos que persiga el practicante se podrá mejorar la efectividad del entrenamiento, jugando con estos factores.

Usted puede influir en el desarrollo de la resistencia de maneras muy diversas, como hemos visto en los ejemplos. Además de la aplicación de dispositivos mecánicos como las máquinas de entrenamiento dirigidas por palancas o por excéntrica, cuya aptitud debe ser examinada en cada caso, se puede modificar por ej. los ángulos de acción de la fuerza de la gravedad (peso del cuerpo, masas libres) o el ángulo de tracción de las máquinas de tracción de poleas. También son muy útiles las resistencias de estiramiento adicionales para cargar o descargar. Finalmente, uno de los medios utilizados frecuentemente en deporte de competición y en deportistas avanzados es la aplicación de músculos auxiliares para superar el punto muerto del movimiento. Estamos hablando aquí de un "movimiento de compensación con-

trolado” que utilizan los deportistas experimentados de forma dosificada. En el levantamiento de pesos con los hombros, por ej., el deportista acelera las mancuernas con la cadera y la pierna justo antes de llegar al punto muerto del movimiento con la fuerza para moverlas más allá de este punto y poder moverlas a partir de aquí de nuevo únicamente con los músculos de la cintura escapular.

3. AMPLITUD DEL MOVIMIENTO (ADM)

En el entrenamiento muscular diferenciado se escogen y se combinan los ejercicios de forma que los grupos musculares entrenados y las articulaciones afectadas se puedan ejercitarse en amplitud articular total. Entrenar en amplitud del movimiento total (ADM) completa significa **cargar dinámicamente al músculo en todo su recorrido de contracción**: desde la posición de máximo estiramiento hasta la posición de máximo acortamiento. En relación con la articulación correspondiente, en el entrenamiento con una ADM completa, **la resistencia debe actuar sobre la movilidad articular activa en su conjunto**, entendiendo por movilidad articular activa todo el movimiento que se puede conseguir sin impulso, únicamente gracias a la fuerza muscular de los agonistas/antagonistas. La movilidad articular pasiva, en cambio, es siempre mayor y sólo se puede alcanzar con impulso o por la actuación de fuerzas externas que actúan en la dirección del movimiento (figura C-11).

Las razones por las que se debe efectuar un entrenamiento con amplitud articular máxima se exponen en la tabla C-10 y serán razonadas en los apartados siguientes. Las pocas excepciones que se producen de este principio EF se presentarán más adelante. Para finalizar, se muestra aquí una exposición sobre los “músculos de sostén”, con sus respectivas funciones de sostén y de estabilización y las posibles consecuencias que éstas tienen para el entrenamiento.

Ejemplo: Entrenamiento del pectoral mayor con ADM completa

Si para entrenar el pectoral mayor (músculo grande del tórax) usted escoge por ej. el press de banca con una barra, entrenará en primera línea la porción media de este músculo. Las porciones superior e inferior experimentarán sólo pequeños acortamientos (para ellas son necesarios otros ejercicios). Pero incluso para la porción media únicamente se consigue una amplitud articular del 65% aprox. Sólo un ejercicio como las aberturas declinadas en polea garantiza la completa amplitud del movimiento de la porción media del músculo (fig. C-12). La conclusión no es que se deba dejar totalmente de lado el press de banca, sino que al menos debemos integrar un ejercicio de amplitud total como el ya mencionado en el entrenamiento de la musculatura pectoral.

3.1 Estímulos de regeneración de las estructuras pasivas

Todas las estructuras pasivas que participan en la transmisión de fuerzas (pasivas en lo que respecta a su capacidad de movimiento), como huesos, superficies cartilaginosas, discos intervertebrales, cápsulas articulares, ligamentos, fascias

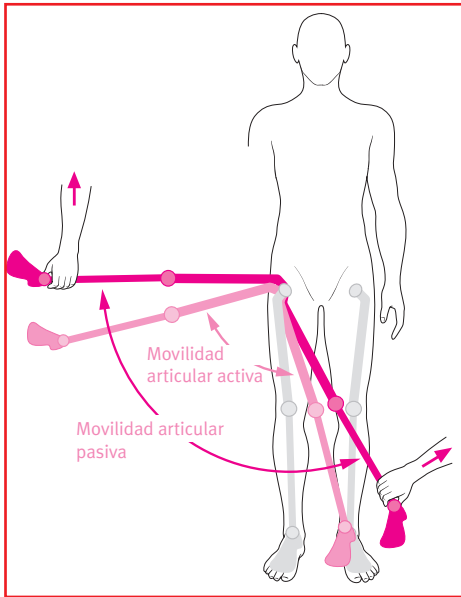


Figura C-11 Movilidad articular activa y pasiva de la articulación de la cadera en un plano frontal (abducción/aducción)

Tabla C-10 Ventajas del entrenamiento con amplitud articular total

1. Estímulos multidireccionales de las "estructuras pasivas"
2. Aumento de la fuerza muscular máxima en toda la amplitud del movimiento
3. Mejora de la coordinación
4. Mejora de la movilidad
5. Máxima función de protección en las posiciones articulares finales

y tendones, reaccionan ante estímulos de carga mecánicos que se encuentren por encima del umbral con la mejora de su solidez y resistencia. Como se ha dicho

en los efectos expuestos en el capítulo A, un entrenamiento de la fuerza planificado a largo plazo y con la aplicación de resistencias suficientes ofrece estímulos de regeneración en forma de aumento de la mineralización, almacenamiento de fibra de colágeno o aumento de la regeneración del cartílago. Este aumento de la solidez de las estructuras no se produce siempre igual, sino que depende de la geometría de las cargas. El hueso refuerza su estructura exactamente en los puntos que lo necesitan desde el punto de vista mecánico, con la finalidad de absorber de forma más segura esta gran fuerza que le afecta regularmente con el "menor material" posible. Si aumentamos la carga axial de un cuerpo vertebral con el entrenamiento de la fuerza, éste forma una estructura de trabéculas óseas que pueda absorber esta carga de forma segura y favorable (la esponjosa se organiza a lo largo de las líneas de máxima tensión). Tanto si las cargas son axiales como si son oblicuas, por ej. las cargas que se presentan en muchas articulaciones, se producen estímulos diferenciados que favorecen la formación de trabéculas óseas estructuradas (fig. C-13).

Los ligamentos y las fascias no experimentan los estímulos de tracción necesarios para reforzar su estructura hasta que se llega al final del movimiento cuando se trabaja con ADM completa. Estos estímulos son necesarios para la disposición paralela y el engrosamiento de las fibras de colágeno. La estabilidad y la movilidad de la cápsula articular dependen de la amplitud de las cargas

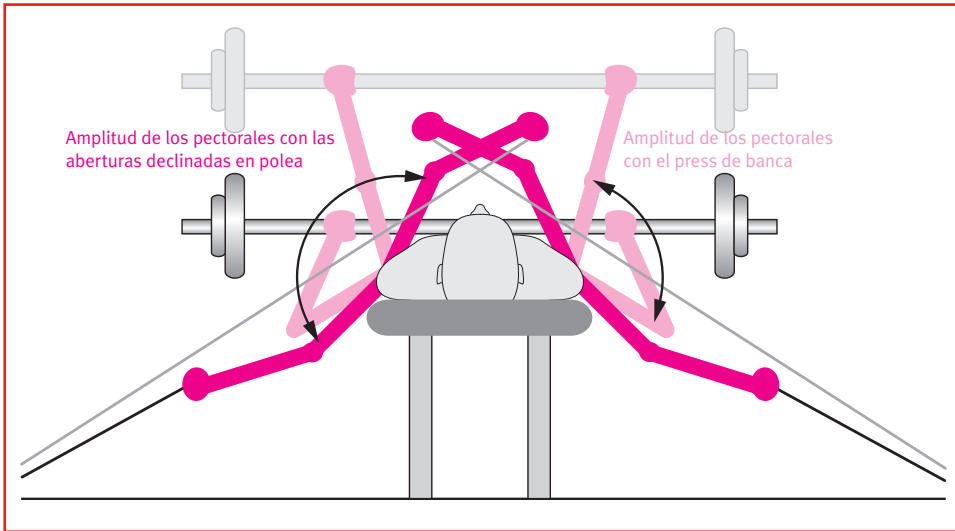


Figura C-12 Comparación de la amplitud entre dos ejercicios para el pectoral mayor en color rosa: press de banca; en rojo: aperturas declinadas en polea (líneas negra y gris)

experimentadas regularmente. Las superficies cartilagosas de cada componente articular experimentan el valor máximo de compresión en un punto determinado en función del ángulo articular. Sólo si la articulación experimenta cargas en toda su amplitud articular, de forma que toda la superficie articular cartilaginosa se vea sometida a cargas de tracción y de compresión lo suficientemente importantes, se formará una capa de cartílago regular y resistente a la compresión.

Sólo con el entrenamiento de la fuerza trabajando con amplitudes máximas se consigue reforzar las estructuras, que mostrarán así una mayor solidez en todos los ángulos articulares. En contraposición, practicando el entrenamiento de la fuerza con una amplitud del movimiento reducida, las posiciones articulares

finales más críticas no están aseguradas mecánicamente. Dado que en este caso las estructuras pasivas no se han visto sometidas a los estímulos de carga ade-

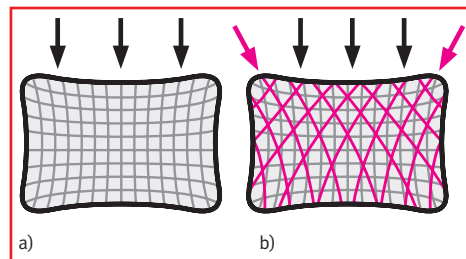


Fig. C-13 Formación de trabéculas óseas en un cuerpo vertebral en función de la dirección de la resistencia

- a) Formación de esponjosa por la aplicación de una carga mayoritariamente axial
- b) Formación de esponjosa por la aplicación de cargas axiales y oblicuas

cuados para esta geometría de cargas, la solidez que éstas presentan para estas direcciones de fuerza es mucho menor. En cambio, las estructuras pasivas entrenadas con una ADM completa son más resistentes cuando se ven sometidas a cargas de máxima amplitud, o a movimientos inesperados de la vida cotidiana o al practicar un deporte, por ej. en una caída, de modo que no se producen esguinces, roturas ni sobreestimulaciones y, si se producen, lo hacen con efectos muy reducidos, o bien ocurren sólo cuando las cargas son ya muy altas.

3.2 Aumento máximo de la fuerza en toda la amplitud del movimiento

En la realización del entrenamiento de la fuerza isométrica y del entrenamiento de la fuerza dinámica con amplitudes del movimiento limitadas se observó que los valores de fuerza ganados dependen del ángulo articular con el que se trabaje (Morrissey 1995, Graves 1989). El aumento de la fuerza se crea pues especialmente en el ángulo articular entrenado. En la región del ángulo articular no entrenado se produce un aumento de la fuerza, pero mucho menor. De esta forma podemos afirmar que el entrenamiento de la fuerza con una amplitud articular completa garantiza un aumento de la fuerza máxima efectivo en todo el recorrido articular.

Los músculos poliarticulares como los isquiotibiales o el recto femoral, desarrollan un aumento de la fuerza, entrenando con ADM completa, de la que se puede disponer en cualquier

movimiento de flexión o extensión de la rodilla independientemente del ángulo con el que trabaje la cadera. Esto debe ser tenido en cuenta al efectuar movimientos complejos como correr, ya que en este movimiento el ángulo de la cadera cambia constantemente, y los músculos biarticulares de la pierna deben transportar la gran fuerza muscular de los glúteos y del tronco en sentido distal (Jacobs 1996).

Las tracciones musculares a diferentes niveles, como el recto del abdomen con sus tendones intermedios y compartimentos musculares (ver músculos abdominales), o los músculos dispuestos en diversas capas, como los sistemas espinosos del m. erector de la columna, experimentan, si se efectúa un entrenamiento con una ADM limitada, un entrenamiento puramente isométrico segmentario con las desventajas que esto conlleva (ver tabla C-11). Es pues importante, especialmente en el sistema multiarticular de la columna vertebral, generar estímulos de entrenamiento de la fuerza trabajando con una amplitud articular total (ver cap. D).

3.3 Mejora de la coordinación

Si consideramos los estímulos propioceptivos recibidos y enviados aferentemente en cada posición corporal y en cada fase del movimiento, en el entrenamiento, en relación con la recepción de estímulos, distinguiremos entre realización isométrica, realización dinámica con ADM limitada y realización dinámica con ADM completa de los

ejercicios. En correspondencia a los estímulos propioceptivos recibidos y procesados en cada entrenamiento, se optimiza la intervención de las fibras musculares y de los músculos implicados en cada segmento del movimiento en lo que respecta a la coordinación inter e intramuscular. Si se entrena sólo con amplitudes articulares limitadas, los estímulos que caracterizan el segmento de movimiento no entrenado no van a ser recibidos ni procesados. El aprendizaje del proceso motor para este segmento no se produce y la coordinación será localmente deficiente. Únicamente si se entrena con secuencias de movimiento completas, el cuerpo aprende a valorar de forma efectiva las aferencias propioceptivas también en las posiciones articulares finales, tanto en lo que respecta a una capacidad de rendimiento más alta, como en lo que respecta a las funciones de estabilización y protección. De esta forma, la coordinación entre agonistas, sinergistas y estabilizadores se optimiza también para los segmentos articulares críticos. Se sistematizan así secuencias de movimiento económicas, adecuadas y seguras, al mismo tiempo que se desarrollan múltiples programas para el trabajo conjunto de las diferentes cadenas musculares.

3.4 Mejora de la movilidad

Si se entrena con amplitudes del movimiento totales, mejora la movilidad respecto a la de las personas que se entrenan con una ADM limitada o con

ejercicios solamente isométricos, así como respecto a la de las personas que en la vida cotidiana se ven sometidas a cargas permanentes estáticas (por ej. personas que permanecen sentadas o de pie durante muchas horas). En este contexto, se entiende por mejora de la movilidad, por un lado, el aumento de la movilidad articular activa y, por otro, sobre todo el aumento de la capacidad de rendimiento y de la capacidad de amortiguación ante grandes cargas en posiciones articulares de grado final.

Como ya hemos explicado, las estructuras pasivas se hacen resistentes a las cargas cuando trabajamos con un entrenamiento de ADM completa. La movilidad de la cápsula articular aumenta y posiblemente también disminuye la formación de estructuras afuncionales limitadoras de la movilidad, como por ej. la formación de osteófitos, tal como mostró *Fletscher* (ver cap. sobre CC).

El entrenamiento con amplitudes del movimiento limitadas durante tiempo, por ej. el press de banca para el pectoral mayor (ver antes) o los *sit-ups* (abdominales) para el psoas ilíaco (ver entrenamiento abdominal), puede provocar los síntomas de un “acortamiento muscular” (Kendall, Janda) si no se procuran otros estímulos de amplitud total. Los acortamientos de este tipo son reversibles –en la mayoría de los casos se eliminan estirando y cambiando al entrenamiento con ADM completa–, pero, mientras permanecen, provocan cargas articulares perjudiciales, perjudi-

can el entrenamiento con ADM completa de sus antagonistas, tienen efectos perjudiciales sobre la postura, tienen una capacidad de rendimiento limitada debido al acortamiento de su recorrido (trayecto de aceleración) y perjudican los patrones de movimiento. Existen diversas teorías que pretenden explicar el “acortamiento muscular”. Se habla de una disminución real de la longitud muscular (Weineck 1996, Herring), de una disminución del tejido conjuntivo muscular (Ullrich), de una disminución del control muscular o de la disminución de la aceptación ante los estímulos de estiramiento (Wiemann 1993). El entrenamiento con una ADM completa no provoca síntoma alguno de “acortamiento muscular”.

El incremento de la movilidad articular activa, por otro lado, aumenta mediante el entrenamiento de los agonistas con amplitud articular total. Después de realizar algunas investigaciones con deportistas de fitness tras haber llevado a cabo un entrenamiento de la fuerza un mínimo de 4 meses y un máximo de 8 meses, se demostró que, tras un entrenamiento de 8 semanas de los abductores de cadera con máxima amplitud articular, la capacidad de abducción activa de la cadera aumentaba $8^{\circ} \pm 5^{\circ}$ como media. Para alcanzar este objetivo, en este caso se entrenó en una máquina de abducción de cadera en sedestación y en un aparato de giro de cintura en bipedestación. Se efectuó un entrenamiento de la fuerza máxima a razón de 2 veces por semana, con 3

series por ejercicio según los 12 principios EF. Se evitó la realización de ejercicios de estiramiento (Gottlob 1997).

Por otro lado se encontró que en el entrenamiento del recto del abdomen mediante ejercicios tipo *crunch* disminuyó la capacidad de acortamiento del compartimento medio de éste músculo. El ejercicio de *crunch* clásico se efectúa aquí de forma que la CL se debe mantener en el suelo al efectuar la flexión, de modo que sólo se puede producir el acortamiento total del primer compartimento y el parcial del segundo. Especialmente en instructores de aeróbic que practicaban este tipo de ejercicios en sus clases sin provocar otro tipo de estímulos de acortamiento completos del segundo y especialmente del tercer compartimento, se observó una debilidad masiva de estos dos compartimentos, sobre todo en comparación con el primero. Estas insuficiencias locales conducen a la presencia de limitaciones respecto a la formación de cadenas o enlaces musculares óptimos.

3.5 Mejora de la función de protección en las posiciones articulares finales

Por los motivos mencionados antes queda claro que los músculos y las articulaciones que han sido entrenados y sometidos a cargas diferenciadas trabajando con una amplitud articular activa completa presentan una mejor capacidad de protección para el cuerpo. Como ya se ha expuesto en el capítulo A en los puntos 7 y 9, los músculos ofrecen características de amortiguación extraordinar-

ias gracias a su gran elasticidad y a su capacidad de contracción independiente del ángulo articular, al mismo tiempo que ejerce una función de estabilidad articular. En este contexto, el entrenamiento con ADM completa ofrece:

- Capacidad de amortiguación muscular activa por ej. en caídas en todos los ángulos articulares
- Salvar el cuerpo de situaciones peligrosas (posiciones extremas críticas)
- Estabilidad articular especialmente en las posiciones articulares finales; garantizar un flujo de fuerzas estable (ver también el principio EF 5)

¡El entrenamiento en amplitud articular completa permite **un aumento del rendimiento totalmente aplicable** al mismo tiempo que ofrece **¡la protección de las estructuras pasivas!**

3.6 Limitaciones de la regla de la ADM articular completa

En las siguientes situaciones no es practicable o podría representar un peligro atenerse a las reglas presentadas anteriormente, pues en determinadas secuencias de movimiento y en función del estado individual, se podrían crear momentos de giro demasiado fuertes. Estas excepciones están constituidas por:

- Determinadas **lesiones**
- Si aparece una **posición forzada** (ver principio EF 4)
- Evidentemente cuando **la velocidad del movimiento es demasiado alta** (ver principio EF 7)
- En caso de que, además de seguir el

entrenamiento con ADM completa, se quiera **realizar una ADM limitada como simulación de un movimiento específico de un deporte**

Si se produce una **lesión**, puede ser necesaria la limitación de la amplitud articular. En estos casos, aun estando reducida la ADM, es aconsejable el entrenamiento de fuerza, pues al menos se generan unas cargas de compresión y de cambio relevantes y se favorece la vascularización local. A medida que avanza el entrenamiento, se aumenta sistemáticamente la amplitud articular hasta llegar a una ADM completa. En este tiempo transitorio se puede trabajar con una ADM reducida, pero con amplitud articular total con resistencias de entrenamiento mínimas.

Si al hacer un ejercicio se crea una **posición forzada**, se debe limitar la amplitud del movimiento en esta parte. Además ha de ser posible encontrar un ejercicio mediante el cual se entrene toda la amplitud o al menos el recorrido no ejercitado sin que se cree una posición forzada (ver principio EF 4).

Los deportistas que utilizan el entrenamiento de fuerza para aumentar su capacidad de rendimiento en un deporte determinado, entrenan especialmente las partes **relevantes para su disciplina**, que son las que están sometidas a la máxima sollicitación del desarrollo de la fuerza (Zatsiorsky). Al hacerlo se produce una limitación de la respectiva amplitud del movimiento. Además, las curvas de resistencia deben crearse en función del

despliegue de fuerza necesario para un deporte determinado. Respecto a la disciplina en concreto se debe conseguir valores de aumento del rendimiento considerables acompañados del entrenamiento técnico con finalidades de adaptación de la coordinación. Se debe aconsejar bien al deportista para que, además de los movimientos estimulantes del deporte en concreto, integre ejercicios o series con una ADM completa en su programa de entrenamiento (aunque en menor porcentaje) que le permitan garantizar la completa funcionalidad de un entrenamiento de amplitud total para las partes entrenadas sólo con una amplitud limitada.

3.7 Información complementaria: músculos del movimiento - músculos de sostén - entrenamiento isométrico

Contrariamente a las formas de entrenamiento muscular dinámicas descritas hasta ahora, en el entrenamiento de fuerza isométrico se mantiene constante la longitud muscular, una forma de trabajo que tanto en la vida diaria como en la deportiva debe ser producida por los estabilizadores musculares según el tipo de ejercicio, el movimiento o la postura del cuerpo. Como ya hemos explicado, un músculo puede cumplir una función de agonista, de apoyo como sinergista o de estabilizador (ver cap. B 3.2). La función que desempeñe este músculo depende sobre todo de la cinemática y del flujo de fuerzas, y en parte también de los programas motores aprendidos. De esta

manera, los músculos extensores de la columna, por ej., actúan como agonistas en el movimiento de enderezamiento de la flexión de tronco, como sinergistas en el movimiento de rotación de la columna y como estabilizadores en el ejercicio de peso muerto (ver cap. D).

En muchos los músculos se clasifican en “músculos típicos del movimiento” y “músculos típicos de sostén” (Janda, Spring). Los músculos de sostén se caracterizan como músculos tónicos con una mayor proporción de fibras ST y los músculos del movimiento, como músculos fásicos, con una mayor proporción de fibras FT. Según estas teorías, la musculatura de la columna vertebral es la que tiene una función primaria de sostén y posee un gran contenido en fibras ST, por lo que se debe entrenar estáticamente, es decir isométrica y no dinámicamente, para poder entrenar su “función principal”. Basándose en estas teorías, los practicantes utilizan por ej. sólo ejercicios de fortalecimiento isométricos para los músculos de la CC. Esta clasificación y las consecuencias para el entrenamiento que de ella se desprenden no se pueden aprobar.

Por una parte, se ha demostrado histológicamente que músculos supuestamente tónicos, con un dominio de fibras ST, disponían de un gran porcentaje de fibras FT, y viceversa en los resultados obtenidos para los músculos fásicos. En el ejemplo del recto femoral, un músculo clasificado como tónico, se describió una proporción de fibras FT superior al 50%

Tabla C-11 Inconvenientes del entrenamiento de la fuerza exclusivamente isométrico

● El entrenamiento isométrico provoca acortamientos de los músculos entrenados de esta forma y ejerce una influencia negativa sobre la elasticidad muscular.
● Falta de transmisión de la fuerza ganada isométricamente a los otros ángulos articulares (no ejercitados)
● No se produce ni el aumento de la vascularización del músculo ni el aumento de capilares.
● No mejoran la capacidad cardíaca, la respiratoria ni la circulatoria; existe el peligro de provocar una hiperventilación voluntaria
● Entrenamiento deficitario de la coordinación inter e intramuscular
● La recepción de aferencias propioceptivas características de la movilidad articular activa es notablemente insuficiente
● El mantenimiento articular favorecido por la aplicación de cargas de compresión y de cambio dinámicas solo se produce de forma correcta si se efectúa un entrenamiento dinámico.
● El fortalecimiento de las estructuras pasivas unicamente tiene lugar en el ángulo articular en el que se entrena y no en todo el recorrido articular
● No mejora la protección articular en las posiciones extremas
● No aumenta la vascularización del cerebro como ocurre con el entrenamiento dinámico (Hollmann 1996)
● Se puede observar un estancamiento de la motivación, ya que no se obtienen ver resultados de aumento de la fuerza como los que se logran cuando se mueven grandes masas de forma controlada.

(Johnson, Freiwald 1999). Además, las diferencias individuales en lo que se refiere a la distribución de fibras en cada músculo son muy amplias y dependen además de la zona de cada músculo de la que se extraigan las muestras (Howald, Johnson).

Por otra parte, la clasificación de músculos del movimiento y músculos de sostén no se comprende funcionalmente, porque, de hecho, la cuestión de si un músculo desempeña una función específica de movimiento o de sostén no se describe tanto por las características del

músculo como por las características del movimiento (ver cap. B 3.2). Músculos como los de la columna vertebral están sujetos al movimiento, porque además de la función de estabilización no se debe olvidar la gran funcionalidad de movimiento de la columna vertebral (ver tabla D-2). Si consideramos estos músculos de la CC y los extensores del tronco como “músculos de sostén”, observaremos tanto grandes zonas de acortamiento como considerables amplitudes del movimiento de las correspondientes articulaciones. La clasificación general

de la que dependen los ejercicios para los músculos de sostén y del movimiento es pues incorrecta y no tiene sentido.

De forma general es válido poner el entrenamiento completamente al servicio de la movilidad fisiológica que tiene todo sistema artromuscular. De hecho, las causas de los típicos problemas de espalda son por ej. las cargas constantes de la vida cotidiana, deficiencias de nutrición locales, cargas extremas puntuales y otras formas de falta de estimulación, así como limitaciones de la coordinación. Visto los inconvenientes (expuestos en la tabla C-11) que conlleva un entrenamiento puramente isométrico, podemos deducir que éste no será de mucha ayuda.

En el caso de que se haya procedido a la inmovilización de una o más articulaciones por la existencia de una lesión (por ej. también por una hospitalización), el entrenamiento isométrico es la única posibilidad de aplicar estímulos de carga que permitan mantener la masa muscular o reducir al mínimo su habitual pérdida. A medida que se recupera movimiento se van sustituyendo los ejercicios isométricos por ejercicios dinámicos de amplitud cada vez mayor.

3.8 Entrenamiento coordinador de la función de estabilización muscular

De las explicaciones dadas en el punto 3.7 únicamente se puede diferenciar el entrenamiento coordinador de diversos músculos respecto a la función de estabilización o de sostén. Esto significa que en orden al entrenamiento debemos considerar no sólo la función

primaria de movimiento, sino también la función de sostén. Para hacerlo no utilizaremos ejercicios en los que se carguen aisladamente y de forma isométrica los músculos afectados, sino que lo haremos aplicando ejercicios complejos en los que los músculos afectados sean estabilizadores y en los que las articulaciones por ellos estabilizadas se encuentren dentro del flujo de la fuerzas (ver principio EF 5). Sólo así conseguiremos una optimización de la coordinación con programas motores que son aplicables a diversas situaciones de carga que se presentan en la vida cotidiana. Para hacerlo se necesitan ejercicios libres o parcialmente aislados (ver principios EF 1 y 5). Esto significa que la estabilización corporal total o parcial se debe conseguir no solamente con la ayuda de máquinas, pero también mediante a los músculos que actúan como estabilizadores.

Para la planificación del entrenamiento esto significa que, además de los ejercicios con ADM total, se debe incluir también un ejercicio que tenga las cualidades que acabamos de describir. En el ejemplo del entrenamiento de los músculos extensores del tronco, además de los ejercicios dinámicos de los extensores del tronco, durante la evolución del entrenamiento se incluye un ejercicio complejo con una función estabilizadora de los extensores de tronco. Para hacerlo, lo ideal es practicar el peso muerto (ver cap. D 6). Cuando la realización de este ejercicio sea perfecta, se aumentará, al igual que

en el resto de ejercicios, es aumentar la carga (ver principio EF 2).

También en algunos deportes concretos como el tiro, en los que algunas funciones de sostén son ser determinantes para el rendimiento, será adecuado realizar un entrenamiento de estabilización en los ángulos articulares de relevancia para la competición que permita mejorar el rendimiento del deportista, además de realizar el entrenamiento con ADM completa.

4. CÓMO ACTUAR ANTE LAS POSICIONES FORZADAS

En el ámbito del entrenamiento se acostumbra a dar siempre los mismos consejos, como: “¡No extienda completamente los brazos y las piernas! ¡No mantenga la zona lumbar hundida! ¡No flexione el tronco! En el entrenamiento muscular diferenciado no se puede hacer generalizaciones de este tipo porque éstas provocan muchas veces errores en la realización de los ejercicios y tienen con ello un efecto limitador del entrenamiento. En el principio EF 3 se han presentado las ventajas del entrenamiento con amplitud total, o sea, que el entrenamiento con ADM total debe ser nuestro objetivo al planificar el entrenamiento. Para conseguir que este entrenamiento no entrañe ningún peligro debemos examinar la peligrosidad potencial de cada ejercicio. Si ésta existe, hemos de actuar en consecuencia con los ejercicios, los movimientos y los métodos utilizados.

¿A qué nos referimos cuando hablamos de “**posiciones forzadas**”? En cada uno de los ejercicios del entrenamiento de la fuerza existe una posición inicial y una posición final del ejercicio, dos puntos en los que el movimiento se detiene, se invierte y empieza de nuevo en dirección contraria. Ambas posiciones se alcanzan una vez en cada repetición. Por ejemplo, al efectuar jalones con polea, la posición inicial sería con los brazos extendidos y la posición final con la barra tirada hacia abajo (fig. C-14). En cada ejercicio se debe valorar si en este punto de inversión del movimiento se produce un sobreestiramiento de las estructuras locales o se pierde estabilidad articular y/o se produce una carga articular mayor.

Al hacer esta valoración debemos tener en cuenta un principio básico del entrenamiento de fuerza, el de la fatiga muscular local temporal. El objetivo final consiste en cansar los músculos trabajada en el ejercicio durante las repeticiones de forma que se produzcan estímulos de regeneración por encima del umbral. Esto también significa que, al efectuar la última repetición, el practicante está gastando sus últimas reservas de fuerza. Su función de protección muscular se encuentra por un momento en una situación de peligro, claramente reducida, hasta que se anula la resistencia de entrenamiento, especialmente si la resistencia era relativamente alta o si el practicante tiene poca experiencia en el entrenamiento.

Valoración de un ejercicio respecto a la posición forzada

Para valorar un ejercicio es posible plantear las siguientes preguntas clave: ¿En caso de que estando en el punto de inversión fallara totalmente los músculos activos, en qué dirección se movería la parte del cuerpo activa dinámica y con qué fuerza ocurriría esto? Si la parte del cuerpo activa se moviera en dirección hacia el tope articular final y, en comparación con la fuerza producible, la resistencia fuera relativamente grande, hablaríamos de una posición forzada.

Ejemplos de ejercicios

En el ejemplo de los **“jalones con polea”** se analizan las dos posiciones de movimiento. En la posición final (figura C-14a), cuando la musculatura estuviera ya muy cansada, la barra se movería junto con los brazos hacia arriba y la región corporal implicada abandonaría así de forma automática la posición máxima –no se crearía posición forzada alguna–. Así pues, traccionar hacia abajo con los brazos rectos y con una buena técnica no es problemático. En la posición de partida se analizan las articulaciones del hombro “verdaderas” (articulación glenohumeral, A/C y E/C) (fig. C-14). Si la musculatura fallara, el brazo se movería hacia arriba. Ninguna de las articulaciones verdaderas del hombro llega con este movimiento a una posición de tope, o sea, que para esta parte articular no existirá posición forzada. ¿Qué ocurre con la articulación del codo? Si la musculatura fallara, la articulación del codo llegaría a la posición de

tope articular. ¿Qué magnitud tiene el momento de resistencia efectivo en esta posición en comparación con la fuerza que hay que desarrollar? Por parte de la resistencia, hay una fuerza que actúa en dirección al brazo extendido; no obstante, no hay ningún momento de rotación que quiera continuar extendiendo el codo. Hasta aquí no hay ninguna resistencia que actúe en la dirección del tope articular; es decir que no existe posición forzada. Finalmente, debemos valorar la articulación escapulotorácica “falsa” (movilidad de la escápula sobre el tórax). En la vertical la escápula tiene una movilidad de 12 a 15 cm. Al dejar subir la barra, la escápula rota hacia arriba y se eleva al máximo (movimiento hacia arriba), lo que significa que llega al tope del movimiento de elevación (tope vertical superior). La resistencia actúa en la dirección de la tracción de los brazos, oblicua hacia arriba, y en relación con la escápula continúa teniendo un efecto elevador, hasta el tope final. Como consecuencia diremos que existe una posición forzada de la escápula. De esto podemos deducir que al efectuar jalones con polea se crean pocas posiciones forzadas, pero en el momento en que nos encontramos en la posición superior debemos controlar que la escápula no sea “colgada” completamente, que no eleve al máximo. Esto no debe confundirse con un entrenamiento pensado para la musculatura que desciende la escápula, trabajo que se puede efectuar también en la máquina de jalones con polea, pero con muchísimo menos peso. En este aparato, la escápula solamente se

puede elevar al máximo trabajando con resistencias bajas, del 40 hasta el 60% de la $F_{m\acute{a}x}$, pero hay que tener mucho cuidado con cargas mayores. La extensión de los brazos, en cambio, no es nada problemática y se debería llevar a cabo como entrenamiento con ADM total, siempre que cuidemos de que la velocidad del movimiento sea regular, como hemos expuesto en el principio EF 7.

Un segundo **ejemplo** compara dos ejercicios de **flexión de codos** que se llevan a cabo con direcciones de resistencia y posición de los brazos diferentes. En

estos dos ejercicios la posición final tampoco presenta una posición forzada. La posición final de la fase de movimiento concéntrica de casi todos los ejercicios con resistencias de peso o resistencias elásticas con curvas de resistencia que no desciendan mucho en la posición final no representan posiciones forzadas. En los curls con mancuernas en bipedestación se parte de una posición perpendicular del brazo (sino inversión de la resistencia). En la posición de partida de ambos ejercicios el codo llega al tope articular.

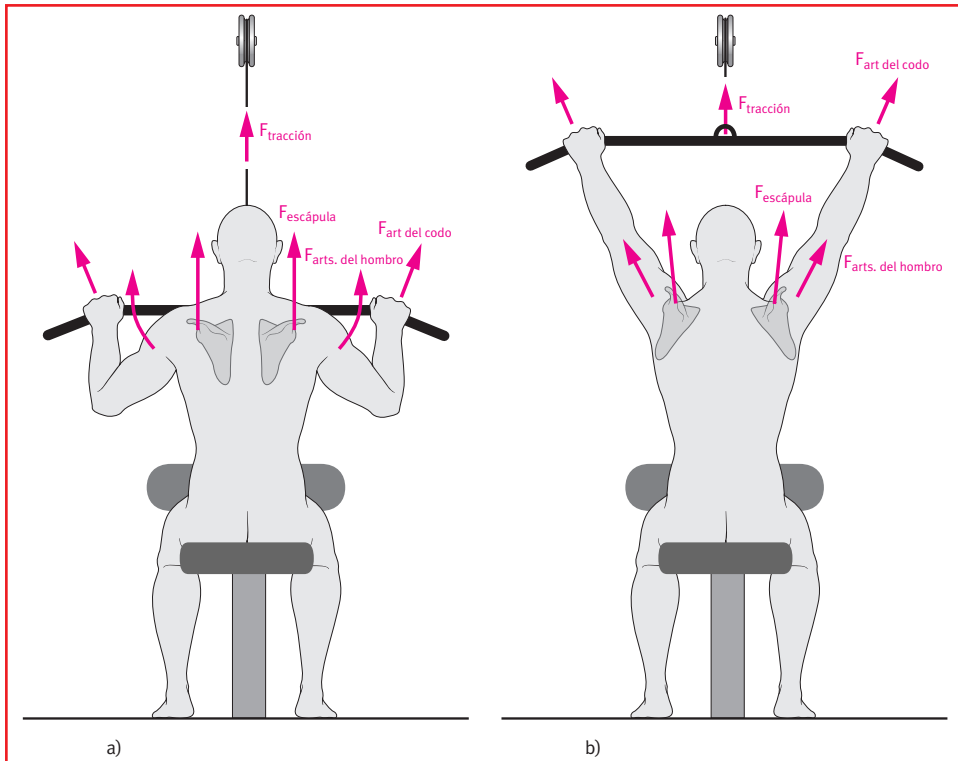


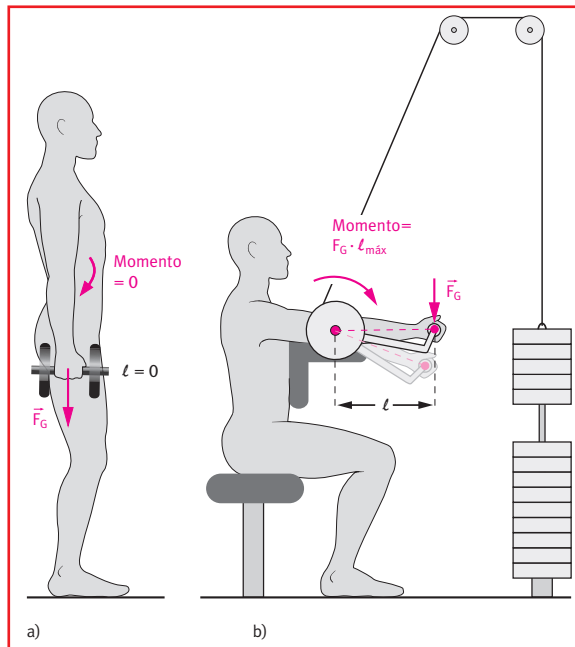
Figura C-14 Valoración de las posiciones forzadas en un ejercicio poliarticular (“jalones con polea”), a) Posición final (concéntrico), b) Posición inicial (excéntrico)

Tabla C-12 Procedimiento a seguir para la valoración de las posiciones forzadas en un ejercicio de entrenamiento de fuerza

1. Observación de los dos puntos de inversión del movimiento.
2. Examinar si, en el supuesto de que fallara la musculatura, la región corporal movida dinámicamente sería precipitada hacia el tope articular. Si efectivamente es así, comprobar la situación de las fuerzas y de la resistencia.
3. Si la resistencia provoca un momento de rotación o una fuerza muy importantes en la dirección del tope articular y la curva de fuerza en esta posición tiene un valor muy reducido, estamos ante una posición forzada.
4. La comprobación de los aspectos expuestos en los puntos 2 y 3 se debe realizar para todas las articulaciones afectadas cuando se trate de ejercicios poliarticulares.

El momento de rotación de la extensión que se crea al realizar los curls con mancuerna es prácticamente nulo, el peso es la única fuerza que actúa perpendicularmente hacia abajo en la dirección del brazo (figura C-15a). De este modo, el brazo solamente se ve cargado por la tracción, la articulación del codo no está sometida a ningún momento de rotación hiperextensor y por lo tanto no existe posición forzada. En la máquina de curls en polea es diferente: aquí la totalidad del momento de rotación actúa como extensor sobre la articulación del codo (figura C-15b). La curva de fuerza específica de la articulación muestra valores de fuerza producible muy reducidos, ya que el brazo de palanca de la musculatura flexora del codo en esta posición de 0° está minimizado. Aquí sí existe una posición

Figura C-15 Valoración de las posiciones forzadas en dos ejercicios de flexión de codos con diferentes desarrollos de resistencias y posiciones de los brazos. Comparación de la fase inicial en:
a) Curls con mancuernas
b) Máquina de curls en polea



forzada. ¿Cómo debemos actuar cuando existe una posición forzada en un ejercicio?

Medidas a tomar ante ejercicios que presentan posiciones forzadas

1. Analice si puede conseguir **trabajar con la misma amplitud articular con un ejercicio que no cree posiciones forzadas**.

Ejemplo: en el “Crunch”, en lugar de utilizar un cojín lordosante para aumentar la fase de estiramiento de los músculos abdominales, que provoca una posición forzada, se utiliza otro ejercicio con diferentes direcciones de resistencia, por ej. el “ejercicio salam”, mediante el cual se puede entrenar en la fase de estiramiento completa sin que se cree esta posición (ver fig. C-16 y el cap. sobre los músculos abdominales). En el ejemplo del ejercicio de flexión de codos que hemos planteado antes queda claro que la extensión total de los músculos flexores del codos sólo

se puede trabajar sin provocar posiciones forzadas con ejercicios como el curl con mancuernas en bipedestación (ver fig. C-15 y fig. C-6a).

2. Si no disponemos de un ejercicio sustitutivo por falta de material o el ejercicio que nos hemos planteado tiene otras ventajas importantes, hemos de considerar una **seguridad ante el tope** de forma que ni en estado de cansancio se pueda crear una posición forzada. Si por ej. quiere hacer un ejercicio de flexión de los codos en una máquina de flexión de codos uniarticular (ver fig. C-15b), (Garbe 1991), (ver fig. C-17a) porque quiere descargar la columna vertebral

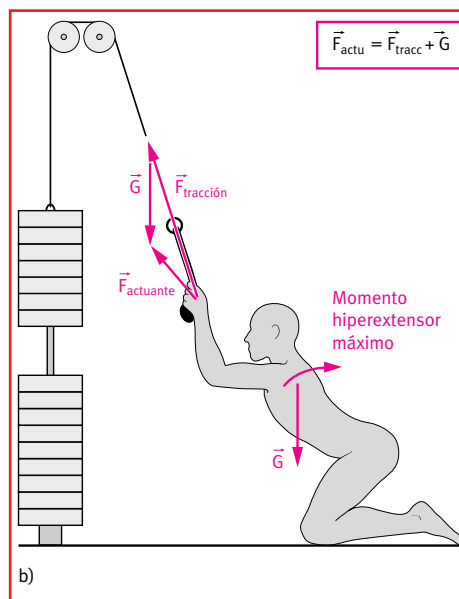
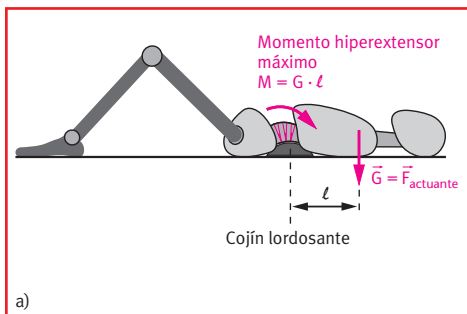


Fig. C-16 a + b Comparación de dos ejercicios abdominales respecto al riesgo de aparición de posiciones forzadas

- a) Posición inicial en un ejercicio de crunches con cojín lordosante
- b) Posición inicial en el “ejercicio salam”

o porque quiere mantener los brazos en la horizontal, la extensión máxima debería limitarse con la ayuda de una máquina (*Range Limiter*) o creando la curva de la excéntrica de forma que el momento de rotación extensor en la posición inicial tuviera un valor mínimo.

Los **ejercicios libres** como la sentadilla comportan un cierto riesgo de creación de posiciones forzadas, pero las ventajas de coordinación que presentan son tan considerables que se aconseja practicarlos igualmente, pero, eso sí, después de llevar un tiempo entrenando y de practicar la coordinación. El peligro que conllevan de provocar posiciones forzadas se puede reducir mediante la utilización de soportes de sentadilla

de altura regulable (fig C-17b) o mediante el Power Rack. En caso de emergencia el practicante puede dejar la haltera aquí antes de que aparezcan reacciones por sobrepasar el tope articular.

En el entrenamiento con **máquinas de tracción de poleas** se puede minimizar los momentos de giro críticos cambiando la dirección de la tracción al cambiar la posición del cuerpo o la posición de las poleas.

3. Si el tope de seguridad no se puede evitar modificando el ejercicio, el ejercicio sólo es interesante para las personas ya muy entrenadas. Para los deportistas se aconseja limitar el movimiento de forma autocontrolada a unos 10° aprox. antes de llegar a la posición potencialmente peli-



Figura C-17a+b Tope de seguridad para evitar las posiciones forzadas (Foto: Galaxy Sport)

a) Limitador de movimientos en máquinas, aquí máquina de flexión de rodillas

b) Soporte de sentadilla de altura regulable para poder soltar la haltera en caso de emergencia

grosa (el biofeedback visual con la ayuda de un espejo es de gran ayuda).

4. **Procedimiento para la realización de ejercicios que pueden comportar una posición forzada y en los que se entrena explícitamente la secuencia del movimiento peligrosa:**

Si en unos ejercicios determinados se desea trabajar explícitamente en las secuencias del movimiento peligrosas, porque ésta es una posición que también se presenta dinámicamente en la vida cotidiana o bien porque se presenta en una determinada disciplina deportiva, se aconseja **proceder de forma progresiva** para mejorar la activación de la cadena muscular y la coordinación, y con ello la capacidad de rendimiento y de estabilización en estas posiciones articulares:

En primer lugar se debe entrenar los músculos estabilizadores de la articulación afectada durante unos 3 meses de forma aislada, trabajando los ángulos articulares que se necesitarán más tarde con ejercicios sin posiciones forzadas. Después se empezará a entrenar con ejercicios de coordinación en los que el ángulo articular que provoca una posición forzada se trabaje todavía con tope de seguridad. Si finalmente la coordinación es técnicamente impecable y no se presentan molestias de ningún tipo, se pueden integrar series con máxima amplitud.

Añádase dos series de entrenamiento con amplitud total a los ejercicios con tope de seguridad que se realizaban hasta ahora. Para empezar, las resistencias no deben sobrepasar el 40% de la $F_{m\acute{a}x}$. del ejercicio efectuado con tope de seguridad. A medida que transcurra el tiempo, estos valores pueden ir aumentando, aunque para trabajar en amplitud máxima debe aplicar siempre resistencias reducidas.



Figura C-18 Sentadilla

Ejemplo: "Sentadilla profunda"

Esta posición se adopta diariamente cuando nos ponemos en cuclillas, y en el deporte de levantamiento de pesos es importante y se efectúa con mucha carga. Para empezar se debe proceder con un entrenamiento aislado de al menos 3 meses de duración de los isquiotibiales, del cuádriceps y de la cintilla ilirotibial, de los abductores y de los aductores, del glúteo mayor y naturalmente de los extensores del tronco. Este entrenamiento contiene también diferentes variantes de prensa de piernas. Se continúa con ejercicios libres de sentadillas solamente con el peso corporal y después con barra sin discos para poder entrenar la coordinación. Los criterios más importantes aquí son la simetría de los brazos, el mantenimiento de la columna lumbar en su lordosis, la estabilidad de la pelvis y la bipedestación estable. Finalmente se entrena con series de sentadillas con pesos en el soporte de sentadillas que permitan dejar el peso en un momento determinado. La altura del soporte se puede graduar de forma que la barra quede colocada antes de llegar a la posición en cuclillas. Tras uno o dos meses de entrenamiento realizando sentadillas normales con cargas adecuadas se puede empezar con las sentadillas profundas con cargas del 40% de la carga de sentadilla máxima (fig C-18). En cualquier caso se debe evitar la basculación de la pelvis.

Si la posición forzada –tanto la que se produzca en actividades de la vida cotidiana como la que se presente en las actividades deportivas– se ha preparado sistemáticamente tal como hemos expuesto, con ejercicios y metódicamente, en esta posición el cuerpo presenta una mayor estabilidad y capacidad de rendimiento ante las grandes cargas estáticas o dinámicas que se apliquen. En el ejemplo del levantador de pesos vemos que durante la arrancada se llega siempre a una posición en cuclillas máxima (fig. C-19), y en esta posición hay que controlar simultáneamente cargas muy importantes con dinámicas muy elevadas. Aun así, entre los levantadores de pesos no se producen muchas

lesiones de rodilla, especialmente si se los compara con los corredores, los saltadores de altura o de longitud, los nadadores de braza y evidentemente también los jugadores de fútbol, balonmano o tenis. La clave de la obtención de estos resultados es el entrenamiento con sentadillas profundas a largo plazo que permiten ganar fuerza y aumentar la capacidad de coordinación y la estabilidad.

5. ESTABILIZACIÓN CORPORAL

En cualquier ejercicio en el entrenamiento de fuerza se debe saber siempre, además de qué grupos musculares y articulaciones participan dinámicamente, qué partes del cuerpo reciben las cargas, si se producirán cargas puntualmente críticas y cómo podemos conseguir estabilizar estas regiones corporales: preguntas que son muy importantes tanto para las personas que se encuentran en un proceso de rehabilitación como para las que practican fitness o para los deportistas de competición de cualquier disciplina, y que también son importantes para la seguridad y la consecución de los objetivos individuales.

5.1 Tipos de ejercicios

Los ejercicios del entrenamiento de fuerza se han clasificado en diferentes categorías. En base a criterios deportivos y terapéuticos se han establecido las siguientes clasificaciones:

- **Ejercicios uniarticulares y poliarticulares:** en los ejercicios uniarticulares hay esencialmente una articula-



Figura C-19 Arrancada en sentadilla en el levantamiento de pesos

ción implicada; los ejercicios restantes se agrupan bajo el término ejercicios poliarticulares.

- **Ejercicios aislantes y ejercicios libres:** si el ejercicio casi no permite movimientos de compensación y está pensado de forma que el cuerpo es guiado totalmente, hablaremos de un ejercicio aislante; en los ejercicios libres no hay apoyos ni elementos que guíen el cuerpo.
- **Ejercicios con máquinas, con tracción de poleas y con halteras:** Clasificación específica de los diversos materiales: ejercicios con halteras (barras) o con mancuernas en bipedestación, en sedestación o estirados; ejercicios de tracción de poleas en aparatos con diferentes asas, con variación de la posición de las poleas y con diferentes pesos. Los ejercicios con máquinas, finalmente, definen la cinemática de todas las máquinas de entrenamiento de fuerza comercializadas.
- **Ejercicios en cadena cinética abierta y cerrada:** En los ejercicios con cadena cinética cerrada actúan diversas articulaciones, pero el extremo distal del segmento corporal movido está fijo (por ej. en la sentadilla), contrariamente a los ejercicios en cadena cinética abierta, en los que el extremo distal del segmento corporal desplaza-

do se puede mover libremente (ej. extensión de piernas); sobre este punto véase información complementaria.

Información complementaria

¿Cadena cinética abierta y cerrada?

Este concepto, introducido por primera vez por *Steindler* en 1955, es el que se utiliza frecuentemente en fisioterapia para clasificar los ejercicios en ejercicios en cadena cinética abierta (CCA) o en cadena cinética cerrada (CCC). En la CCA el extremo distal del segmento corporal desplazado se mueve libremente (por ej. la extensión de rodillas o las flexiones de codo), mientras que en la CCC el extremo distal del segmento corporal desplazado está fijado (por ej. al realizar sentadillas o al efectuar flexiones de codos en el suelo) (Escamilla). Esta clasificación parece muy precisa para algunos ejercicios, pero es poco útil cuando queremos diferenciar otros aspectos. Si tomamos los ejemplos de la sentadilla (CCC) y de la extensión de rodillas (CCA) y queremos ampliar la cartera de ejercicios introduciendo algunas variaciones, como los movimientos de la prensa de piernas con superficie de presión móvil, con carro móvil, con palancas colocadas independientemente o los movimientos de flexión de rodillas guiados en una Multi, movimientos de flexión de rodillas delante y detrás, extensión de rodillas en una

máquina o por tracción de poleas en posición libre, vemos que la clasificación no es útil.

Por este motivo, *Dillman* amplió esta clasificación de ejercicios en CCA y CCC con otra variante (extremo distal del segmento corporal que se mueve libremente también con carga) (*Dillman*), y *Lephart* añadió todavía una cuarta variante (extremo distal del segmento corporal que se mueve libremente con dirección axial o radial de la carga) (*Lephart*).

No obstante, estas clasificaciones, fijadas todas ellas en las características del extremo distal del segmento corporal desplazado, continúan siendo insuficientes para el entrenamiento muscular diferenciado, que necesita que se considere la totalidad del cuerpo y la obtención de criterios ampliamente aplicables. Ya en 1991 *Palmitier* propuso dejar de lado la clasificación CCC-CCA (*Palmitier*) y *Di Fabio* exigió en 1999 no utilizar más los términos “cadenas cinéticas”, sino definir los ejercicios por otros parámetros como el número de articulaciones implicadas o determinar la carga relativa por articulación (*Di Fabio*).

Estas clasificaciones, parecidas en parte, son insuficientes respecto a los centenares de ejercicios existentes en el entrenamiento muscular diferenciado. Una posible clasificación que incluyera más criterios sería (tabla C-13):

Tabla C-13 Clasificación general de los diferentes tipos de ejercicios

Ejercicios completamente aislantes	Ejercicios parcialmente aislantes	Ejercicios casi libres	Ejercicios libres
Extensión de rodillas, flexión de rodillas, prensa de espalda, máquina de flexión de codos, etcétera	Remo sentado, press de hombro en máquina, máquina de fondos sentado, etc.	Remo sentado con polea, movimientos de sentadillas guiados en la Multi, prensa de piernas con carro estirado, extensión de codos en aparato de poleas, jalones con polea, crunch, etc.	Press de hombros, sentadillas, remo con barra, peso muerto, dominadas, etc.
<ul style="list-style-type: none">· Puramente uniaxial o casi· Se debe estabilizar el cuerpo mediante el ejercicio	<ul style="list-style-type: none">· Poliarticulares· Se debe estabilizar grandes regiones corporales con el ejercicio	<ul style="list-style-type: none">· Poliarticulares· El cuerpo está mucho más libre· Es necesario guiar mediante el ejercicio	<ul style="list-style-type: none">· Poliarticulares· El cuerpo está completamente libre
No precisa estabilización muscular especial	Según la disposición del ejercicio es necesaria la estabilización muscular de algunas regiones corporales	La estabilización corporal debe ser casi completamente muscular	El practicante debe estabilizar muscularmente todo el cuerpo

Pero esta clasificación en relación con la forma de estabilización y el tipo de carga todavía no sirve: sólo ofrece una orientación general para el usuario. Quedan muchas preguntas por responder, como ¿dónde se debe estabilizar cada segmento corporal? o ¿puedo efectuar este ejercicio si existen problemas xy?. De la mano de los ejemplos presentados a continuación para la serie de “ejercicios de tracción horizontal de la espalda”, vemos que la clasificación de los tipos de ejercicio no es suficiente, sino que cada ejercicio debe ser valorado por separado según unas pautas determinadas. Las

clasificaciones estándar de los ejercicios son un filtro demasiado grande; en cambio, los criterios de valoración estandarizados son mucho más efectivos.

5.2 Principio del flujo de fuerzas y de la dirección de la resistencia

Para valorar los ejercicios respecto a la carga y a la estabilización, pero también en lo que respecta a la implicación muscular y articular, se ha desarrollado el principio de flujos de fuerza y dirección de la resistencia (abreviado PFR). Como primer filtro de valoración se debe establecer los flujos de fuerza dentro del

cuerpo específicos para cada ejercicio. ¿Qué entendemos por flujos de fuerza?

Flujos de fuerza

Cuando una fuerza actúa sobre el cuerpo, debe ser desviada; si no, el cuerpo se desplazaría en la dirección de la fuerza; o sea, para una resistencia se crea siempre una fuerza de reacción (principio básico: acción-reacción). La fuerza que se crea entre estos dos puntos de acción de las fuerzas es transmitida por el cuerpo: “fluye” a través del cuerpo como el líquido a través de una canalización. Inicio del flujo de fuerzas: aplicación de la fuerza de resistencia; fin del flujo de fuerzas: fuerzas de reacción. En la figura C-20 se representa desde el flujo

de fuerza de la resistencia aplicada a la mano hasta la aparición de las fuerzas de reacción en el ejemplo de una flexión de codos con mancuernas. El flujo de fuerzas varía según la posición, es diferente en bipedestación, en sedestación o cuando se sostiene un objeto. El flujo de fuerzas también se puede dispersar, como en el caso c); el componente 1 pasa a través de la CT hacia el respaldo (dependiendo de su ángulo de inclinación) y el componente restante 2 a través de las tuberosidades isquiáticas sobre el asiento. En el ejercicio en el banco Scott d), el flujo de fuerzas principal es desviado a través del brazo hacia el soporte. El segundo componente del flujo de fuerzas es desviado tanto a través de la cintura

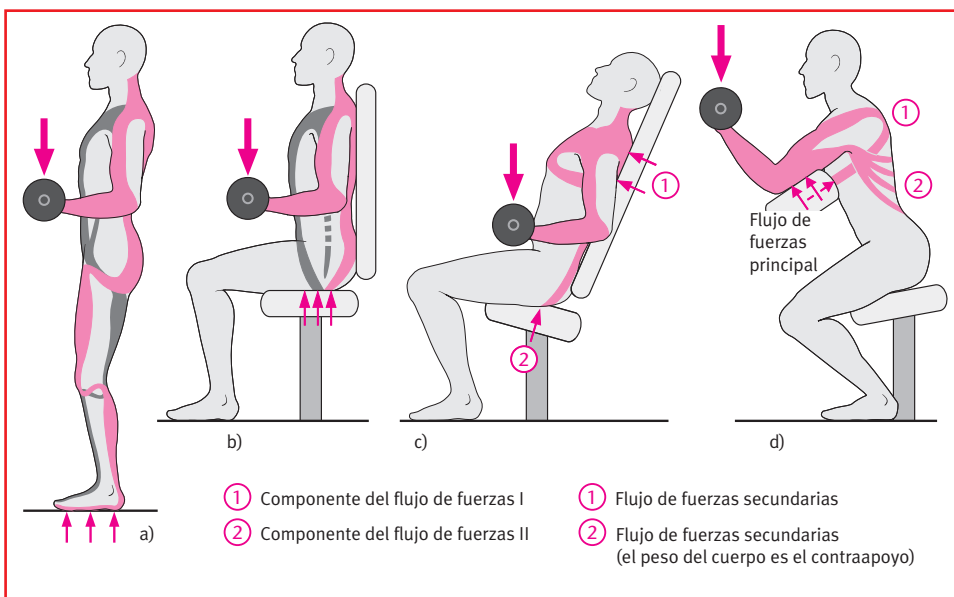


Figura C-20 Flujos de fuerza en diferentes ejercicios de flexión de codos con mancuernas. El flujo de fuerzas discurre siempre entre la aplicación de la resistencia y las fuerzas de reacción a) en bipedestación, b) en sedestación, c) con respaldo inclinado, d) en el banco Scott

escapular hacia el soporte del pecho (1) como a través de la tracción del dorsal ancho en el soporte del brazo, de forma que el peso corporal representa una fuerza de reacción (2). De esta forma se evita el desplazamiento de la cabeza del húmero hacia delante, movimiento que podemos observar por la elevación e interiorización de los hombros cuando el ejercicio se realiza incorrectamente. En las variantes del ejercicio a) y b) la columna vertebral se ve cargada por compresión, en c) la compresión ya es menor y en d) está completamente descargada (por tracción).

Esto nos muestra que, según como realicemos los ejercicios, la resistencia del cuerpo será desviada a través del suelo o de las diferentes superficies de soporte. Todas las partes del cuerpo que están situadas dentro del flujo de fuerzas se ven sometidas a una carga local durante la realización del ejercicio, que depende de la resistencia y de la geometría del ejercicio. Cuanto mayor sea la estabilización muscular de estas regiones corporales, menor será la carga a la que se verán sometidas las estructuras pasivas como el aparato capsuloligamentario, los meniscos o los discos intervertebrales. Al inicio y al final del flujo de fuerzas, éstas se aplican o desvían sobre el material de entrenamiento. Estos puntos de paso del flujo de fuerzas entre el practicante y el material adquieren mucha importancia respecto a la descarga de las estructuras corporales y a la seguridad. Si un punto de paso es inefectivo, se puede variar

aumentando o disminuyendo el flujo de fuerzas. Si la estabilización muscular de una región corporal es insuficiente, se debe modificar el ejercicio de forma que el flujo de fuerza sea desviado directamente ya antes de la región corporal afectada.

En la realización de ejercicios completa o parcialmente aislantes, el flujo de fuerzas será desviado a través de uno o más soportes, cinchas de fijación, etc. Al comprar un aparato se debe comprobar la calidad ergonómica de desvío de las fuerzas. Los soportes no han de provocar en ningún caso dolor por compresión; frecuentemente (pero no siempre) los aparatos disponen de sistemas de regulación a las medidas corporales individuales; se debe poder conseguir la congruencia de los ejes de rotación; la disposición espacial de los soportes debe estar orientada, respecto al flujo de fuerzas, contra la resistencia local actuante, y finalmente el practicante ha de utilizar los soportes correctamente. Las desviaciones en el movimiento, los pequeños giros angulares o las rotaciones empeoran la estabilización mecánica y obligan al cuerpo a realizar movimientos de compensación, lo que normalmente tiene como consecuencia la creación de cargas inadecuadas para el cuerpo.

a) Principio del flujo de fuerzas

A través del principio del flujo de fuerzas se puede determinar qué son articulaciones o regiones corporales cargadas y, por tanto, cuáles hay que estabilizar y qué estabilizaciones deben efectu-

arse muscularmente y cuáles mediante el ejercicio.

1. ¿Cómo discurre el flujo de fuerzas?

Plantéese la cuestión: ¿dónde se aplica la fuerza de resistencia al cuerpo? y ¿en qué puntos es desviada o transmitida a la máquina, al suelo, al soporte? o sea, ¿en qué puntos se cierra el flujo de fuerzas?

2. Determinación de cuáles son las articulaciones (y músculos) implicados dinámica y estáticamente:

Todas las articulaciones situadas dentro del flujo de fuerzas están implicadas dinámica o al menos estáticamente en el ejercicio. Además, todos los músculos que tengan al menos un punto fijo situado dentro del flujo de fuerzas (origen o inserción) están implicados potencialmente, ya sea de forma dinámica o estática; para determinar la actividad muscular debemos considerar las “3 reglas de implicación muscular” (ver Fundamentos, cap. B 3.2).

3. Función estabilizadora de todas las articulaciones y regiones corporales implicadas:

Se debe fijar todas las articulaciones implicadas mediante la utilización de material, por ej. con la utilización de cinchas o soportes, o estabilizarlas muscularmente. La disposición de la estabilización debe estar orientada en la dirección contraria a la resistencia ejercida localmente. Las estabilizaciones con material se establecen con frecuencia de forma errónea (dirección equivocada, demasiada compresión, etc.) o bien

ocurre que la estabilización muscular no es eficaz debido a la mala posición corporal (por ej. por cargas articulares o ligamentarias demasiado altas).

4. Articulaciones no implicadas: Todas las articulaciones y regiones corporales que se encuentren situadas fuera del flujo de fuerzas no experimentan ni los estímulos de entrenamiento ni de carga correspondientes, ¡como máximo los del propio peso! En consecuencia, para ellas no es necesario adoptar ninguna medida de descarga o de soporte. Ejemplo: en una máquina de extensión de rodillas no es necesaria la existencia de un respaldo ergonómico, pues el flujo de fuerzas discurre sólo entre la parte inferior del muslo y el asiento.

b) Principio del flujo de fuerzas en el ejemplo del “ejercicio de tracción horizontal de la espalda”

De la mano de algunos ejercicios de esta serie se demostrará qué variaciones afectan el flujo de fuerzas a pesar de que se trate de los mismos agonistas y de que tanto la distribución del trabajo entre los agonistas como la ADM permanezcan iguales.

Los **agonistas** de los ejercicios de tracción horizontal son:

Dorsal ancho, infraespinoso, redondo menor y mayor, deltoides posterior, cabeza larga del tríceps y la musculatura aductora (retractora) de la escápula como el romboides y el trapecio medio.

La **articulación principal** es la articulación glenohumeral, que es soportada por las articulaciones acromioclavicular

(A/C), esternoclavicular (E/C) y escapulo-torácica para realizar el movimiento.

1) Ejercicio *Press Back* (prensa de espalda) (Fig. C-21a)

Tipo: Ejercicio de espalda uniarticular amplio completamente aislante con movimiento circular parcial y con la correspondiente variación en la dirección de la resistencia.

Recorrido del flujo de fuerzas: El flujo de fuerzas se aplica a los brazos del practicante mediante los soportes acolchados (inicio del flujo de fuerzas), desde aquí se transmite a la columna torácica y a la caja torácica a través de las articulaciones de los hombros, y final-

mente se desvía de nuevo hacia la máquina a través del acolchado del pecho (final del flujo de fuerzas). La dirección de la resistencia discurre perpendicular al brazo y varía constantemente.

Articulaciones: Dinámicamente las 4 articulaciones de la cintura escapular, estáticamente las articulaciones vertebrales y costales de la CT y las articulaciones costales de la caja torácica

Músculos: Véase antes, con acentuación de los retractores de la escápula

Estabilización:

a) *Mediante el material:* La carga es aplicada y desviada a través de los soportes (de los brazos y del pecho). Para conseguir que la carga de compresión local se reduzca al máximo se necesita, por un lado, soportes lo más grandes posibles (una superficie mayor con la misma fuerza comporta una disminución de la compresión) y, por el otro, unos soportes lo bastante blandos para amortiguar correctamente los empujes y permitir que la distribución de la presión sobre la superficie corporal sea la más regular posible.

Por lo demás, el practicante debe ser capaz de colocarse correctamente en esta máquina de un eje (para cada lado del cuerpo), de forma que su eje de rotación corporal discurra ampliamente a través del eje de rotación de la máquina. Para que esto sea posible, el soporte del pecho se debe ajustar horizontalmente, de forma que pueda ser usado de forma correcta por participantes de todas las medidas. El eje perpendicular de la cavidad glenoida representa, exceptuando el movimiento de la escápula, el eje de rotación del cuer-

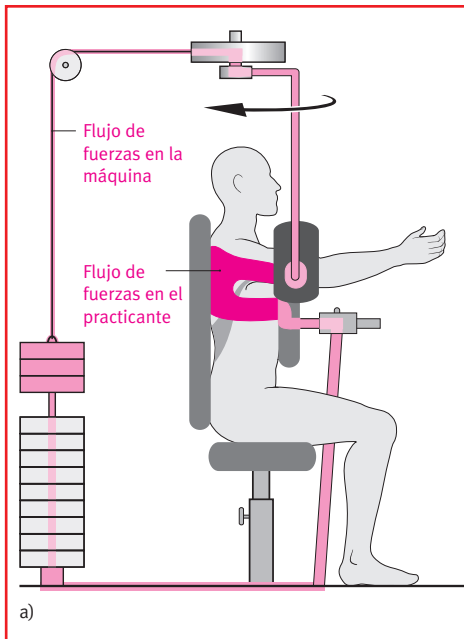


Figura C-21a-f Flujo de fuerzas en diferentes ejercicios de tracción horizontal de la espalda: a) *prensa de espalda*

po (ligero movimiento en la retracción de la escápula). Un respaldo adicional ayuda a la fijación de la parte superior del tronco, de forma que el practicante no se pueda apartar falsamente del soporte del pecho al realizar el ejercicio.

b) *Mediante el cuerpo:* El practicante no necesita estabilizarse muscularmente (a excepción de la estabilización automática de las articulaciones que se mueven activamente). Si la caja torácica se separa del respaldo, el flujo de fuerzas se cerrará más abajo, y al menos la CL y las articulaciones experimentarán una carga.

No implicados: Las regiones de la mano y del codo, la CT inferior, la CL, la región de la cadera y de la pelvis, y las

piernas no reciben tipo alguno de carga. Se podrá escoger este ejercicio si alguna de estas regiones está lesionada o si por algún motivo deben ser descargadas intencionadamente.

2) Aberturas posteriores en máquina (fig. C-21b)

Tipo: Ejercicio de espalda uniarticular amplio parcialmente aislante con movimiento circular parcial y con la correspondiente variación en la dirección de la resistencia; los brazos se encuentran horizontales.

Recorrido del flujo de fuerzas: El flujo de fuerzas se aplica ya a las manos del practicante a través de masas móviles, es transmitido a la cintura escapular a través de los brazos y desviado de nuevo al soporte del pecho a través de la CT y la caja torácica.

Articulaciones: Ver ejemplo a), pero además las articulaciones interfalángicas y las metacarpofalángicas, así como las de la muñeca y del codo, son cargadas estáticamente.

Músculos: Ver ejemplo a), pero además participan estáticamente los músculos de la mano y los extensores del codo (tríceps, extensores de la muñeca).

Estabilización: Son válidas las indicaciones dadas en el ejemplo a). Además los extensores deben estabilizar las articulaciones del codo y la muñeca, cuidando de que el ángulo de las articulaciones de la muñeca y el codo permanezca constante; ángulo de la articulación de la muñeca 0°, ángulo de la articulación del codo, 30° aproximadamente.

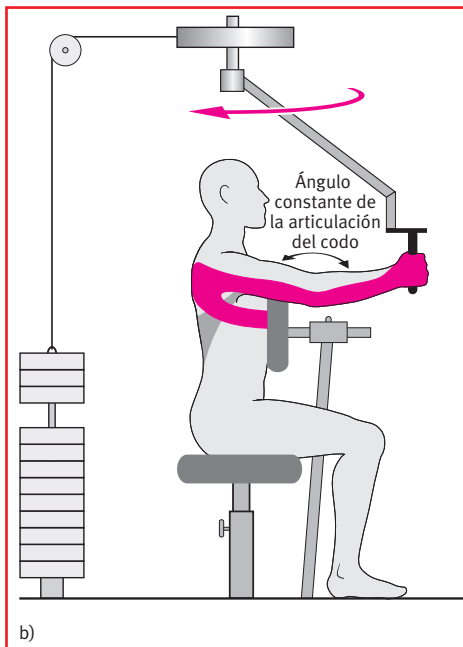


Figura C-21b b) Aberturas posterior en máquina (*Swing Back*)

No implicados: Además de la CL, la CT inferior, las regiones de la pelvis, caderas y piernas, las estructuras flexoras de las regiones de los codos y las muñecas tampoco están implicadas. Este ejercicio se puede escoger si se quieren dejar inactivos los flexores de codos o si existen problemas en los tendones de los flexores; pero no si existen problemas en los tendones extensores de la muñeca.

3) Remo sentado en máquina (Fig. C-21c)

Tipo: Ejercicio poliarticular parcialmente aislante con un movimiento casi lineal y con una dirección de resistencia casi constante.

Recorrido del flujo de fuerzas: Ver el ejemplo b) Posteriores en máquina. En función de si el practicante se apoya completamente en el soporte del pecho (variante 1

del flujo de fuerzas) o de si se fija solamente con sus arcos costales inferiores a la parte inferior del soporte (variante 2 del flujo de fuerzas) se ve implicada la parte superior de la CT o su totalidad.

Articulaciones: A diferencia de las posteriores en máquina, aquí se cargan dinámicamente las articulaciones del codo en flexión.

Músculos: A diferencia de las posteriores en máquina, los flexores del codo son dinámicos como sinergistas y los flexores de la muñeca están activos dinámicamente. Entre los agonistas, el dorsal ancho y el redondo mayor realizan una parte más importante del trabajo.

Estabilización:

a) *Mediante el material:* Debido a que las cargas utilizadas aquí son mucho menores a las utilizadas en los dos ejerci-

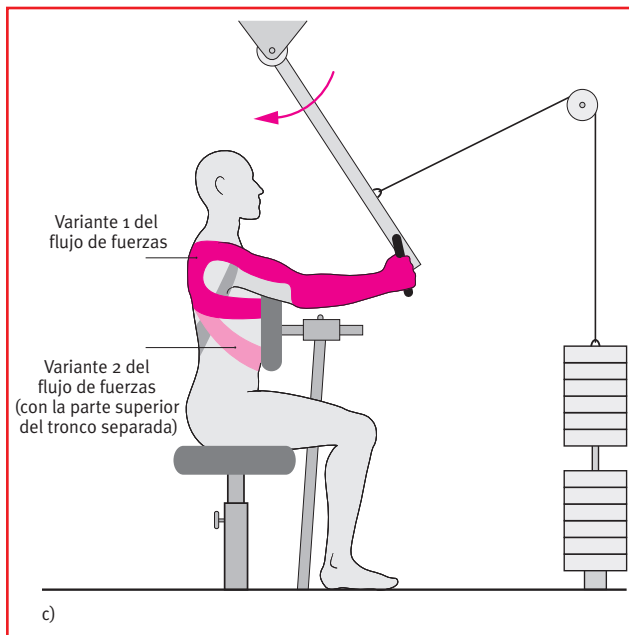


Figura C-21c

c) Remo sentado de máquina

cios anteriores, aquí se hace imprescindible disponer de un soporte de pecho más ancho y más acolchado. El eje de rotación no debe estar situado muy lejos del practicante, pues la dirección de la resistencia en la posición final provoca una compensación desfavorable en las articulaciones de la muñeca y del hombro.

b) *Mediante el cuerpo*: Si el practicante elige la variante 2 del flujo de fuerzas, la carga estática recae sobre la totalidad de la CT, en este caso es imprescindible mantener activos los extensores de la columna torácica alta. La mayor separación del soporte del pecho, como se puede ver frecuentemente, es problemática, pues la situación estabilizadora del flujo de fuerzas a través de las piernas es poco favorable; si se quiere realizar el ejercicio de esta forma, sería preferible

elegir el remo sentado con polea, más fácil de estabilizar.

No implicados: La CL, la pelvis, las caderas y las piernas continúan estando libres, lo que hace que este ejercicio sea muy aconsejable para personas con afectaciones vertebrales o en general cuando se desea descargar la columna vertebral.

4) Remo sentado con polea (fig. C-21d)

Tipo: Ejercicio poliarticular casi libre sin equilibrado con movimiento lineal y dirección de resistencia constante

Recorrido del flujo de fuerzas: Aplicación del flujo de fuerzas a través de las manos y a lo largo de los brazos a la cintura escapular, a la CT y a la CL, a través de las articulaciones sacroilíacas a la pelvis. Una pequeña parte del flujo de fuerzas es desviado a través del asiento, la mayor componente es desviada a la

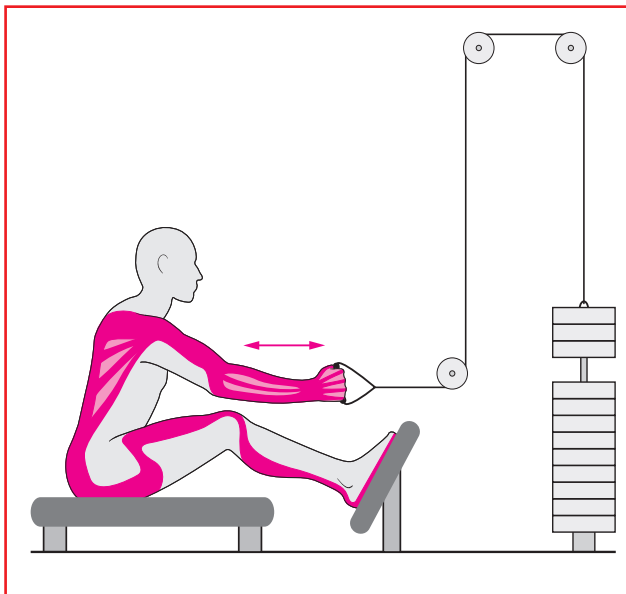


Figura C-21d
d) Remo sentado con polea

superficie de apoyo de los pies a través de las articulaciones de las caderas, de las piernas y de los pies.

Articulaciones: Ahora se encuentran situadas en el flujo de fuerzas las articulaciones interfalángeas, metacarpofalángeas, de la muñeca, del codo, de los hombros, todas las articulaciones vertebrales de la CT y de la CL, las sacroilíacas, la sínfisis púbica, las de la cadera y de la rodilla y las del tobillo y del pie; las articulaciones restantes del ejemplo c) sólo son cargadas estáticamente, a excepción de una pequeña dinámica de las articulaciones de la cadera.

Músculos: A los músculos del ejemplo c) se debe añadir los extensores de la CT y de la CL, los músculos glúteos, los músculos estabilizadores de la cadera, el cuádriceps y el tríceps sural y la musculatura del pie como estabilizadores muy activos. En los movimientos de la parte superior del tronco de forma correcta, los músculos glúteos también están activos de forma ligeramente dinámica.

Estabilización:

a) *Mediante el ejercicio:* Es imprescindible disponer de una superficie de apoyo para los pies, y ésta debe estar, colocada de forma que se pueda empujar en dirección contraria a la de la resistencia. La polea de desviación debe estar colocada de forma que el movimiento de tracción se efectúe en la horizontal, con el fin de que el practicante no haga fuerza hacia arriba.

b) *Mediante el cuerpo:* La estabilización de la columna vertebral es el punto clave para realizar el ejercicio cor-

rectamente. Durante la realización del ejercicio la columna se debe mantener como mínimo siempre recta y mejor si se mantiene en posición de hiperextensión, para lo cual es necesaria una actividad estática muy importante de los extensores de la CT y de la CL. De esta forma se produce una desviación óptima de las fuerzas de cizallamiento a través de las articulaciones intervertebrales. Además se necesita una gran actividad de la cadena extensora de la cadera y de la rodilla para conseguir una posición de sedestación estable. Si el practicante mueve su cuerpo ligeramente hacia delante y hacia atrás con el movimiento, es importante cuidar de que éste se efectúe desde las articulaciones de la cadera, o sea, que la columna vertebral mantenga una postura constante. El practicante no debe balancearse.

5) Remo con barra T (fig. C-21e)

Tipo: Ejercicio poliarticular casi libre con equilibrado con movimiento circular guiado parcial.

Recorrido del flujo de fuerzas: Ver ej. Remo sentado con polea d) sin desviación en el asiento.

Articulaciones/músculos: Ver ejemplo d)

Estabilización:

a) *Mediante el ejercicio:* Se necesita una superficie mayor de sustentación en bipedestación; por lo demás, depende de la posición del eje de rotación del aparato de la barra del suelo y de su longitud.

b) *Mediante el cuerpo:* Son válidas las indicaciones para d), teniendo en

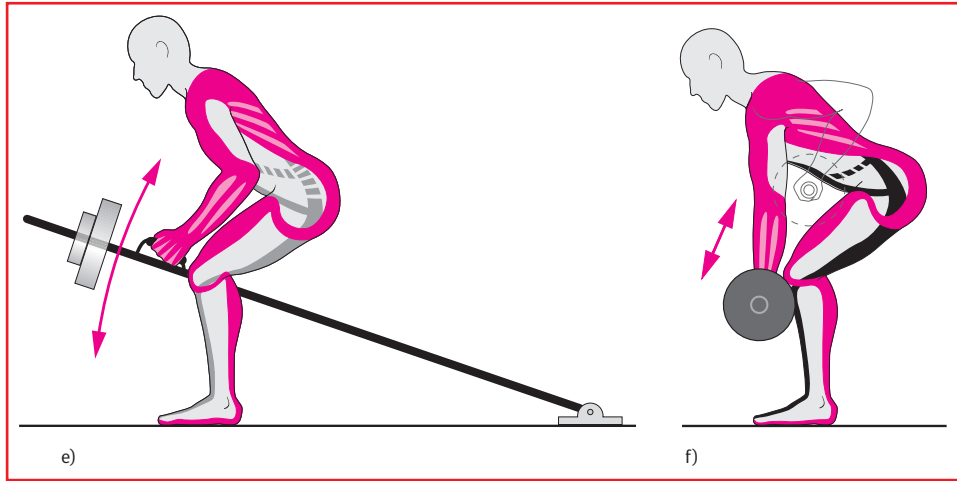


Figura C-21 e-f e) Remo con barra T, f) Remo con barra

cuenta que por el movimiento efectuado el practicante puede y debe apoyarse contra la colocación de la barra. Puede equilibrarse parcialmente con la barra.

6) Remo con barra (fig. C-21f)

Tipo: Ejercicio libre

Recorrido del flujo de fuerzas: Ver ej. e)

Articulaciones: esencialmente como en ej. d)

Músculos: Además de los grupos musculares del ej. e), a la cadena muscular extensora de la cadera y de la rodilla se juntan ahora su cadena flexora.

Estabilización: El cuerpo es el único encargado de la estabilización. Además de la estabilización de la columna vertebral, como ya se ha expuesto en d), se debe estabilizar la posición de bipedestación durante el ejercicio de movimiento de la barra. Para hacerlo se activan estabilizando todos los grupos

musculares de la extremidad inferior. Especialmente las cadenas extensoras y flexoras de las articulaciones de la cadera, de la rodilla y del tobillo son las responsables de mantener la estabilidad sagital y de compensar el momento de rotación flexor permanente de la barra. También es necesario desplazar la pelvis más hacia atrás y “sacar” el trasero para compensar la resistencia.

Otros ejercicios del grupo de los ejercicios de tracción horizontal de la espalda, como por ej. “los pájaros, pajaros con poleas”, “*Swing Back* con tracción de poleas en flexión anterior”, “remo con barra T en el suelo con apoyo pectoral”, “remo con haltera sobre platos oscilantes o plataformas basculantes”, “remo con mancuernas” y otros, presentan pequeñas diferencias que usted podrá valorar con ayuda del **PFR**, el principio del flujo de fuerzas y la

dirección de la resistencia, y aplicar en consecuencia en los entrenamientos.

Desde el ejercicio a) hasta el ejercicio f) de la anterior serie de ejercicios aumentan:

- El número de articulaciones implicadas
- El número de músculos implicados
- El grado de dificultad
- Los requerimientos de coordinación
- Los requerimientos de estabilización por el propio cuerpo
- La posibilidad de aplicación de la fuerza y la capacidad de coordinación adquiridas en situaciones de la vida cotidiana; el practicante aprende a desviar él mismo y de forma segura el flujo de fuerzas.

Aquel que rechace constantemente la realización de ejercicios como el remo sentado de polea o el remo libre de d), e) o f), no conseguirá alcanzar un aumento del rendimiento real, en la vida cotidiana, y lo más ampliamente aplicable. La estabilización muscular del flujo de fuerzas es una tarea que cualquier terapeuta debe cumplir diariamente y que todos hacemos más o menos bien. Si no practicamos ejercicios parcial o completamente aislantes como el la prensa de espalda de a), las aberturas posteriores en máquina de b) o el remo sentado de c), perdemos la posibilidad de entrenar de forma dirigida los miembros más débiles de la cadena o de descargar o aislar determinadas regiones corporales ante una lesión o por riesgo a lesionarse durante un entrenamiento.

Si, por ejemplo, necesita un ejercicio de espalda en el que los flexores del codo o los tendones flexores de la muñeca no se puedan cargar por la existencia de una inflamación local (por ej. una epicondilitis medial o una irritación del tendón del bíceps), puede considerar todos los ejercicios de espalda en los que el flujo de fuerzas no discurra a través de los brazos (por ej. ejercicio a), ver antes). También podrá considerar aquellos ejercicios en los que el flujo de fuerzas discurra a través de los brazos, pero que, debido a la dirección de la resistencia, solamente carguen la cara extensora (por ej. ejercicio b), ver antes).

c) Consecuencias para los ejercicios con mancuernas o con barras libres en bipedestación erguida

Existen algunas medidas que le permitirán mejorar la estabilidad durante la realización de ejercicios en bipedestación como el press de hombros sobre la cabeza, los curls con mancuernas o con barra, la elevación frontal de brazos, la elevación lateral de brazos o las elevaciones altas. Es por todos conocido que el flujo de fuerzas discurre a través de todo el cuerpo, especialmente a través de las zonas de transición de la columna vertebral y de la pelvis, de las articulaciones SI y de las regiones de la cadera y de las piernas. Por un lado, la bipedestación y la columna vertebral deben trabajar de manera simétrica, por el otro, se debe estabilizar las arts. de rodillas y caderas, las sacroilíacas y las de la columna. La estabilización de la art. SI

es extremadamente importante, pues si se efectúa un movimiento a distinta velocidad de un lado respecto al otro, se puede crear grandes efectos de anclaje. El estabilizador más importante de esta articulación será aquí la musculatura glútea. El mantenimiento de la posición erguida y una ligera flexión de rodillas nos ayudarán a mantener las curvaturas fisiológicas de la columna vertebral y el bloqueo muscular de las rodillas. ¡Pero la orden “contraer la musculatura abdominal”, en cambio, es contraproducente y aumenta la carga a soportar (ver el capítulo sobre CV)!

De forma general, la estabilización muscular debe establecerse antes de empezar el ejercicio. O sea, antes de coger una carga se debe tomar las medidas de la tabla C-14, por ej. antes de coger las mancuernas para realizar un ejercicio de press de hombros sobre la cabeza o un *curl* con mancuernas en bipedestación.

Tabla C-14 Indicaciones para la estabilización en la realización de ejercicios libres en bipedestación erguida

1. Colocarse en posición de bipedestación estable Los pies colocados simétricamente, separados la anchura las caderas
2. Flexionar ligeramente las rodillas
3. Tensar los músculos glúteos para estabilizar la pelvis y las arts. SI y mantener la contracción durante la realización del ejercicio No bascular la pelvis, debemos mantener las curvas fisiológicas de la CV (¡contracción puramente isométrica!)
4. Colocarse en posición erguida simétricamente

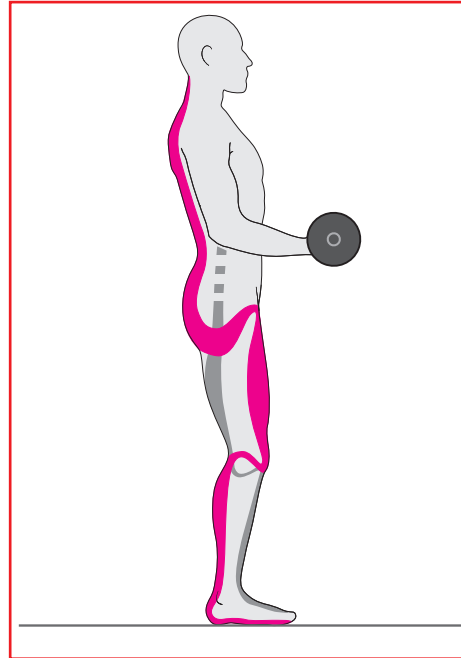


Figura C-22 Curls con mancuernas en bipedestación

Se debe alcanzar la estabilización corporal a través de la contracción consciente de la musculatura glútea, colocando las rodillas en ligera flexión y enderezando la parte superior del tronco.

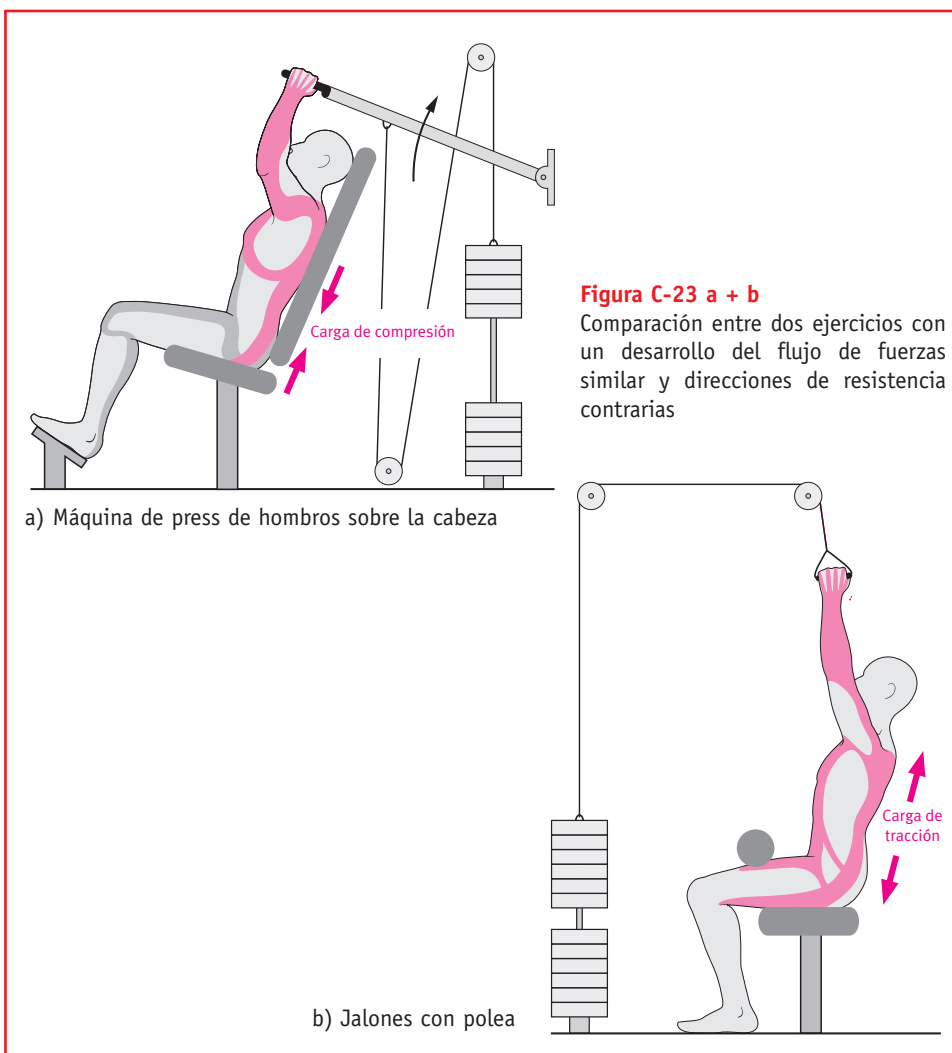
Haga usted mismo el siguiente **test**:

Colóquese de pie en posición erguida, tome dos mancuernas en sus manos y efectúe una flexión de codos con ellas, o un ejercicio de press de hombros sobre la cabeza. Concéntrese en sentir el cuerpo en las regiones de la columna vertebral y la pelvis. Realice de nuevo el ejercicio teniendo en cuenta ahora los 4 criterios expuestos en la tabla C-14. ¿Cómo siente ahora la pelvis? ¿Nota la diferencia?

d) Principio de dirección de la resistencia

El segundo filtro de valoración del PFR, el principio de la dirección de la resistencia, nos aporta importantes informaciones respecto a la relevancia de la estabilización y a la disposición espacial de las medidas de estabilización.

Comparemos por ej. dos ejercicios que presentan un flujo de fuerzas muy parecido con las direcciones de sus resistencias exactamente contrarias, como el ejercicio en la máquina de jalones con polea y en la máquina de press de hombros sobre la cabeza (fig. C.23):



a) Máquina de empuje de hombros sobre la cabeza

Recorrido del flujo de fuerzas: el flujo de fuerzas se aplica a las manos a través de la palanca, a través de los brazos a la cintura escapular y caja torácica; es transmitido a través de la CT y de la CL a la pelvis, y es desviado hacia la superficie de sedestación a través de las tuberosidades isquiáticas.

La resistencia actúa perpendicularmente hacia abajo, es decir, que la columna vertebral se ve sometida a una carga de compresión, lo que hace que la curvatura de la columna tome relevancia. La forma del respaldo y del asiento son importantes para optimizar la carga de la columna vertebral. En este caso estaría muy bien disponer de un soporte lumbar ergonómico.

b) Jalones con polea

Recorrido del flujo de fuerzas: el flujo de fuerzas es aplicado a las manos a través del maneral, continúa hacia la cintura escapular a través de los brazos y pasa a través de la CT y la CL hacia la pelvis, un pequeño componente a través de las tuberosidades isquiáticas hacia la superficie de sedestación y el componente mayor finalmente a través de las articulaciones de la cadera y los muslos hacia los muslos.

La resistencia actúa aquí perpendicular hacia arriba. La columna vertebral se ve sometida a una fuerza de tracción, de descarga. En este caso la postura de la columna vertebral en relación con las cargas pierde relevancia. La simetría

derecha/izquierda continúa siendo importante (ver principio EF 6), pero el temor a mantener un encurvamiento excesivo de la columna lumbar estaría en este caso completamente injustificado (ver otras indicaciones sobre el ejercicio de jalones con polea en el cap. D 6.2).

6 SIMETRÍA DE LOS ESTÍMULOS DE ENTRENAMIENTO Y DE LAS CARGAS

El entrenamiento de fuerza se puede realizar como un deporte totalmente simétrico. Lo que ocurre frecuentemente es que se entrena asimétricamente sin siquiera ser consciente de ello, con todas las consecuencias que esto tiene respecto al déficit de estímulos de entrenamiento idénticos para el lado derecho y para el izquierdo, a la recepción de importantes cargas unilateralmente y a la falta de corrección de los diversos desequilibrios ya existentes entre derecha e izquierda. Se trata de tomar conciencia de las exigencias asimétricas de la vida cotidiana y de algunos deportes para reducir así las altas cargas de flexión a las que se ven sometidas determinadas regiones corporales por la acción de cadenas musculares contralaterales y “de torsión”, protegiendo así las articulaciones.

6.1 Estímulos de entrenamiento simétricos para derecha e izquierda

La aplicación de resistencias que deban ser superadas más por un lado que por otro produce estímulos de entrena-

miento que conducen a reforzar ciertos desequilibrios corporales derecha/izquierda. Muchos de estos desequilibrios se han desarrollado en muchas personas como consecuencia de las cargas unilaterales a las que se han visto sometidas durante sus actividades cotidianas.

Durante la realización del entrenamiento muscular diferenciado se debe comprobar que los ejercicios se efectúen siempre de forma simétrica, procurando, por un lado, enseñar al practicante posiciones y movimientos simétricos y, por el otro, aplicando las resistencias simétricamente respecto a la línea media del cuerpo, de forma que manos/brazos y pies/piernas reciban resistencias idénticas.

Información complementaria

Desequilibrios derecha/izquierda

Ya sabemos de los tejidos reaccionan según la cantidad y la magnitud de los estímulos (siempre que éstos se encuentren por encima del umbral), con adaptaciones más o menos importantes. Si una región corporal determinada recibe durante un período de tiempo largo más estímulos o más fuertes, las adaptaciones producidas también serán más importantes (más fuertes, más estables, más flexibles) que las producidas en otras regiones comparables. Aparecerán:

1. Un desarrollo muscular desigual entre derecha e izquierda
2. Un desarrollo de la flexibilidad

- y la solidez de las estructuras pasivas diferente en ambos lados
3. Un desarrollo asimétrico de la capacidad de coordinación respecto a los diferentes planos corporales (también se debe considerar aquí el efecto crossing, según el cual se producen ciertas adaptaciones de coordinación del lado no entrenado mediante el entrenamiento de fuerza puramente unilateral)
 4. Finalmente se puede establecer una postura asimétrica que a su vez perpetuará la aplicación de cargas asimétricas en el cuerpo.

Pero son muchas las personas que presentan desequilibrios derecha/izquierda y éstos han sido condicionados por:

1. Las cargas cotidianas y los malos hábitos (por ej. escribir con una de las dos manos, cargas unilaterales por la práctica profesional)
2. Deformaciones corporales (por ej. escoliosis, lesiones traumáticas o degenerativas unilaterales)
3. Exigencias derivadas de la práctica de un deporte (especialmente en los deportes en los que la actividad asimétrica es más marcada, como el tenis, el golf o algunas disciplinas de lanzamiento).

Si se realiza un ejercicio de extensión de piernas en una máquina con una

polea para ambas rodillas, no se puede suponer automáticamente que cada pierna ejecutará exactamente el 50% del trabajo. Lo más frecuente es encontrar valores del 40% en una extremidad y el 60% en la otra, como lo han demostrado las mediciones de presión en las dos superficies de contacto existentes entre las dos piernas y el rollo en el que se apoyan. En estas mediciones incluso se ha llegado a registrar diferencias de presión extremas (medida de los componentes de trabajo de cada pierna) de hasta 80:20. En ejercicios como press de pecho o la máquina de flexión de codos con asas fijas, se han registrado relaciones y posibilidades similares. La falta de conciencia de este desequilibrio de trabajo derecha/izquierda y la dificultad para corregirlo representan un problema para el practicante –excepto para el practicante profesional (sensibilidad motriz)– y para el entrenador. En el entrenamiento con máquinas de palancas separadas se produce automáticamente un trabajo simétrico.

En los ejercicios libres con barras, con máquinas de tracción de poleas

libres con agarraderas rígidas o en ejercicios realizados con el peso del cuerpo (flexiones, dominadas), las diferencias de trabajo entre derecha e izquierda observadas también son pequeñas. Y éstas pueden ser identificadas por el entrenador en la realización de un movimiento asimétrico (considerando todos los planos corporales), en las posiciones asimétricas y en pequeños detalles como la presa de la palanca, de la barra, etc., siendo susceptibles de corrección.

En ejercicios con aplicación de resistencias independientes en la derecha y la izquierda, como en máquinas con una sola tracción o con tracción de poleas con una sola agarradera o en los ejercicios con mancuernas libres, ambos lados experimentan resistencias iguales. En este caso se puede identificar y corregir todo tipo de asimetrías. Estos ejercicios son más difíciles técnicamente, pero si se realizan correctamente son más seguros en su simetría respecto a los estímulos de entrenamiento dinámicos y estáticos y presentan un nivel de carga menor. La tabla C-15 presenta un resumen de los diferentes grupos de ejercicios.

Tabla C-15 Clasificación de los ejercicios desde el punto de vista de la simetría o de la distribución de las cargas

Grupo de ejercicios	Ejercicios de ejemplo	Efectos de los estímulos de entrenamiento y de las cargas a ambos lados del cuerpo
Movimientos simétricos del tronco	Movimientos de flexión y extensión del conjunto de la columna vertebral.	<ul style="list-style-type: none">· Se trabaja el cuerpo simétricamente· Procure mantener la simetría en relación con el plano sagital.

Tabla C-15 Clasificación de los ejercicios desde el punto de vista de la simetría o de la distribución de las cargas (Continuación)

Grupo de ejercicios	Ejercicios de ejemplo	Efectos de los estímulos de entrenamiento y de las cargas a ambos lados del cuerpo
Movimientos asimétricos del tronco	Ejercicios de flexión lateral y rotación del conjunto de la columna vertebral.	<ul style="list-style-type: none">· Mantener la cinemática de ejecución del ejercicio en ambos lados (derecha/izquierda).· Realizar exactamente el mismo número de repeticiones con ambos lados.
Ejercicios con máquinas para las extremidades con acoplamiento rígido para derecha e izquierda	Por ej. prensa de piernas; press de hombros o de pecho, máquinas de flexión y extensión de codos, máquinas de gemelos, máquinas de extensión y flexión de rodillas, máquinas de abducción y aducción de la cadera en sedestación, etc. con sistemas de palanca rígidos para ambas manos/brazos o pies/piernas respectivamente.	<ul style="list-style-type: none">· ¡Muchas veces se ejecuta mayor parte del trabajo con un lado!· Las posibilidades de control y de corrección de una ejecución simétrica del ejercicio son limitadas; dar indicaciones al practicante para que trabaje regularmente con ambos lados.
Máquinas de tracción de poleas libres con acoplamiento fijo para ambos brazos	Por ej. jalones con polea, remo sentado con polea o ejercicio de extensión o flexión de codos con una barra para ambas manos.	<ul style="list-style-type: none">· La tracción unilateral pura es posible con muy poca amplitud. Para evitarla trabaje con total simetría. Ej.: La barra de jalones debe estar simétrica vista lateralmente y por detrás.
Ejercicios libres con barras	Por ej. sentadillas, peso muerto, press de hombros sobre la cabeza, remo con barra, press de banca o en banco inclinado, elevaciones altas, transformación de fuerza, dominadas, etc.	<ul style="list-style-type: none">· Para los ejercicios con barras y con pesos libres son válidas las indicaciones anteriores.· Cuidar la simetría del cuerpo durante la realización de los ejercicios; las barras deben sujetarse justo en el punto medio, la bipedestación, la sedestación y la posición tendida deben ser simétricas.

Tabla C-15 Clasificación de los ejercicios desde el punto de vista de la simetría o de la distribución de las cargas (Continuación)

Grupo de ejercicios	Ejercicios de ejemplo	Efectos de los estímulos de entrenamiento y de las cargas a ambos lados del cuerpo
Ejercicios con máquinas para las extremidades con tracción separada	Por ej. diversas prensas de pecho o de hombros, máquinas de flexión y extensión de codos, máquinas Mariposa/prensa de espalda con palancas independientes; rotador de cadera; máquinas de flexión de rodillas en bipedestación; máquinas de glúteos, etc.	<ul style="list-style-type: none">· Con la ayuda de estas máquinas ambos lados del cuerpo experimentan estímulos de entrenamiento dinámicos idénticos.· Evidentemente todavía faltan estímulos de entrenamiento para las cadenas musculares estabilizadoras. Estos ejercicios tienen la ventaja de la rapidez en su aprendizaje y realización y la desventaja de la falta de trabajo de estabilización y del aprendizaje simétrico.
Máquinas de tracción de poleas para un solo brazo	Por ej. jalones, tracción de poleas desviadas, tracción de poleas directas o sistemas de tracción con gomas para realizar ejercicios con asas de una mano, brazales, mangos o cuerdas (unión flexible).	<ul style="list-style-type: none">- En máquinas de tracción de poleas de ejecución unilateral es relativamente fácil conseguir estímulos de entrenamiento idénticos para la derecha y para la izquierda. Para conseguirlo debemos ejecutar el ejercicio de la misma manera en cada lado y realizar el mismo número de repeticiones.
Ejercicios con mancuernas	Por ej. peso muerto, ejercicios para la región de los hombros (elevación frontal de hombros, flexión lateral de brazos, elevación press), para la espalda (remo, pájaros), para la musculatura pectoral (press, aberturas, <i>pullover</i>) o para las regiones del brazo y el antebrazo (curls, patadas, curls del antebrazo).	<ul style="list-style-type: none">· Con ayuda de los ejercicios con mancuernas, las dos mitades corporales experimentan estímulos de entrenamiento idénticos tanto para la musculatura dinámica como para la estabilizadora. Con estos ejercicios se puede identificar y corregir muy bien las diferencias derecha/izquierda. Evidentemente, en este caso las exigencias de estabilización corporal son mayores (ver principios EF 1 y 5).

Para desarrollar una simetría corporal derecha/izquierda es necesario trabajar también con resistencias independientes. Esto significa que, además de la aplicación de halteras, barras y asas para ambas manos y de poleas o prensas para ambos pies, etc., se debe trabajar con asas sueltas con las que las dos manos deben mover la carga independientemente, realizar un ejercicio con una pierna o utilizar máquinas de presión o de tracción que dispongan de palancas independientes para cada extremidad.

Para los profesionales de esta disciplina, el equilibrio derecha/izquierda es más fácil que para los aficionados, pero en ellos también se puede observar pequeños desequilibrios que se manifiestan por ej. en diferencias del perímetro muscular de ambos lados.

Corrección de diversos desequilibrios derecha/izquierda

Con la aplicación de estímulos de entrenamiento externos iguales (magnitud y dirección de la resistencia, ADM, duración) a la derecha y a la izquierda, la mitad corporal débil experimentará estímulos relativamente mayores. La práctica en el entrenamiento muestra que en estas condiciones de igualdad de los estímulos externos aplicados (derecha/izquierda) la mitad más débil se desarrolla más rápidamente, lo que produce una adaptación más rápida de las dos mitades corporales. Con la existencia de pequeños desequilibrios derecha/izquierda se puede conseguir de esta manera una adaptación total.

Si las diferencias son mayores, ade-

más del entrenamiento simétrico se debe aplicar estímulos de entrenamiento adicionales a la mitad corporal más débil –normalmente en forma de series adicionales–. Ejemplo: cuando haya una debilidad clara de elevación de la escápula izquierda (debilidad de los elevadores izquierdos de la escápula), además del entrenamiento simétrico de los hombros añadiremos un par de series únicamente para el elevador de la escápula izquierdo. Este ejercicio podría consistir en un movimiento de Shurg con un brazo con mancuerna (elevación: elevación del o de los hombros con los brazos extendidos sosteniendo una mancuerna o el asa de una tracción de polea). En el próximo apartado expondremos la manera de compensar las cargas de estas resistencias unilaterales.

6.2 Cargas corporales simétricas

El cuerpo puede soportar el máximo de carga (fig. C-24a) cuando se le aplica una resistencia en el medio del cuerpo sin carga adicional. Desde el momento en que la resistencia se desplaza de la línea media del cuerpo, la carga aumenta sistemáticamente con la distancia (fig. C-24b). Cuando esto ocurre se crean momentos de flexión que aumentan progresivamente con la distancia del eje. El aumento de estos momentos de flexión significa el incremento de las cargas de compresión por un lado y de las de tracción por el otro. Los valores locales máximos que se crean ya pueden alcanzar un valor crítico con la aplicación de cargas medias.

a) Organizar el flujo de fuerzas simétricamente y con poca carga de flexión en el entrenamiento

En el entrenamiento de la fuerza se debería intentar organizar la aplicación de las resistencias y las cargas simétricamente. A modo de ejemplo, en la figura C-24b, la aplicación de una carga unilateral significa un aumento de la carga local de la columna vertebral de 4 a 6 veces mayor (ver cap. D 2.2c); esto es válido también para todos los ejercicios unilaterales realizados con mancuernas o con tracción de poleas. De forma general, debemos organizar los ejercicios como en la fig. C-24c, o sea, los ejercicios con mancuernas se deben realizar siempre con ambos brazos. De forma análoga a la igualdad derecha/izquierda de los estímulos de entrenamiento, también hay que debe garantizar la igualdad de las resistencias. Debemos cuidar el agarre simétrico de las barras, de las halteras o de las asas, y la bipedestación, la

sedestación y la posición tendida, así como la tracción o el press también deben ser simétricos.

Ejemplo: Press de hombros sobre la cabeza unilateral (fig. C-25)

Si por la razón que sea se quiere realizar el press de hombros sobre la cabeza con mancuernas unilateralmente, conviene sujetar una mancuerna del mismo peso con la otra mano, manteniéndola colgando (c) o elevada (b) hasta que el ejercicio unilateral haya finalizado. De esta forma se reduce notablemente la carga soportada por la columna vertebral y las estructuras colindantes. Si no se puede realizar esta variante, también es posible conseguir el equilibrio presionando hacia arriba (d) o traccionando desde abajo (e) con la misma fuerza. Cuando más entrenado y fuerte sea el practicante, más capaz será de reducir las cargas de flexión internamente mediante tracciones musculares enderezantes contralaterales y con fuertes cinchas musculares (¡pero no podrá eliminarlas completamente!).

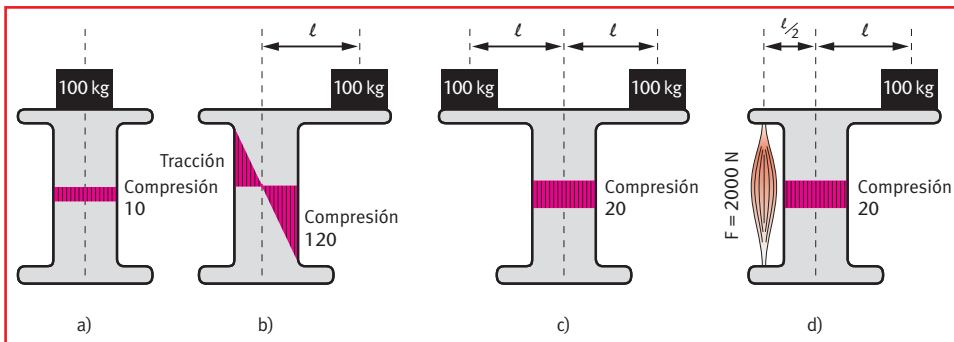


Figura C-24 Aplicación de diferentes cargas a una columna recta o a un hueso (de Pauwels)

- a) Aplicación simétrica de la carga
- b) Aplicación asimétrica de la carga con gran carga de flexión
- c) Compensación de la gran carga de flexión con una segunda carga (simetría de conjunto)
- d) Compensación de la gran carga de flexión mediante una fuerza de tracción contralateral, por ej. mediante una cincha muscular

b) Descarga muscular de regiones corporales sometidas a cargas de flexión

Cuando aparezcan cargas asimétricas que no pueden ser equilibradas simétricamente desde el exterior, entrarán en juego los mecanismos de descarga musculares del propio cuerpo.

Tracciones musculares contralaterales

Ante la aplicación de una carga unilateral sobre la columna vertebral que coloque la columna en una cierta flexión lateral, los inclinadores laterales del lado contrario (ver cap. D 2.2c) pueden efectuar, siempre que sean lo suficientemente fuertes, una fuerza contraria tal como se muestra en la fig. C-24d. De esta forma se reduce notablemente la carga de flexión de la columna vertebral.

Estabilizadores articulares

Las tracciones musculares que compactan directamente el entorno de una articula-

ción pueden estabilizarla según la dirección de la resistencia, actuar en contra de una tendencia de luxación iniciada externamente y procurar un mejor contacto de las superficies articulares. Ya sea el manguito de los rotadores en la articulación glenohumeral, ya sea los rotadores y los abductores de la cadera o el sostén muscular de la articulación sacroilíaca mediante la tensión muscular alrededor de la articulación (ver cap. sobre columna vertebral). Todos ellos pueden reducir las relaciones de compresión y tracción locales ante la aplicación de cargas unilaterales.

Ejemplo: Articulación de la cadera

Al correr, en cada contacto con el suelo, la articulación de la cadera recibe una fuerza de reacción que quiere elevar la cabeza del fémur del cotilo. Dado que la aplicación de esta carga es dinámica y unilateral, la carga de compresión en una carrera rápida o al saltar puede alcanzar un valor de casi 10 veces el peso corporal (Malone). Los abductores de la cadera, los glúteos menores y los pequeños rotadores de la cadera, como por ej. el pira-

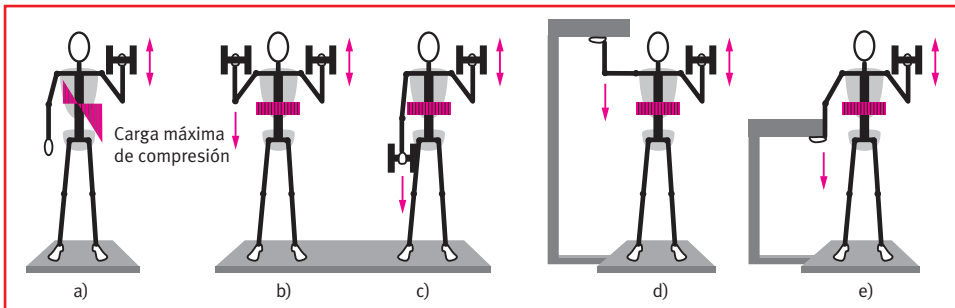


Figura C-25 Medidas de compensación externas para reducir las cargas en el ejercicio de press de hombros sobre la cabeza unilateral

- a) Realización con un brazo con grandes cargas de flexión para la CV
- b + c) Descarga de la flexión mediante la aplicación pasiva de cargas adicionales en el lado contrario
- d) En bipedestación, empujar con el brazo libre contra el soporte superior (fuerza igual a carga)
- e) En bipedestación, "traccionar" con el brazo libre el soporte inferior (fuerza igual a carga)

midal o el obturador, ejercen una fuerza resultante sobre la cabeza del fémur en la dirección del centro del acetábulo, que tiene un efecto estabilizador suficiente si las relaciones de fuerza son correctas (fig. C-26). El entrenamiento de la abducción y rotación de la cadera diferenciado estable pues muy aconseja para conseguir una buena estabilización de la cadera, esencialmente como medida de prevención y de rehabilitación ante la aparición de una posible coxartrosis (artrosis de la articulación de la cadera).

Cinchas musculares

La forma del ángulo del fémur provoca anatómicamente la aparición de grandes cargas de flexión tanto si recibe cargas desde arriba como desde abajo. Esta disposición provocará la aparición de grandes cargas especialmente al realizar actividades muy dinámicas como la carrera rápida, el salto o una caída. Estas cargas serán esencialmente de compresión en la parte medial y de tracción en la parte lateral (fig. C-27a). Tal como ya hemos mencionado, la importante cifra de más de 100.000 fracturas de cuello de

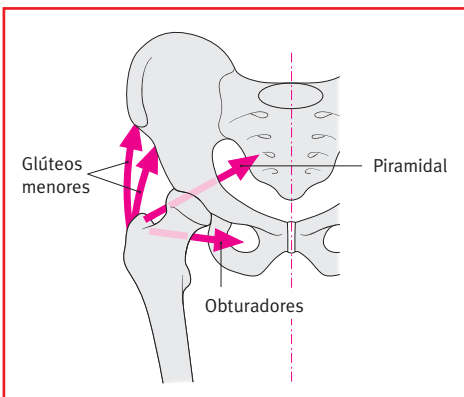


Figura C-26 Estabilizadores musculares de la articulación de la cadera

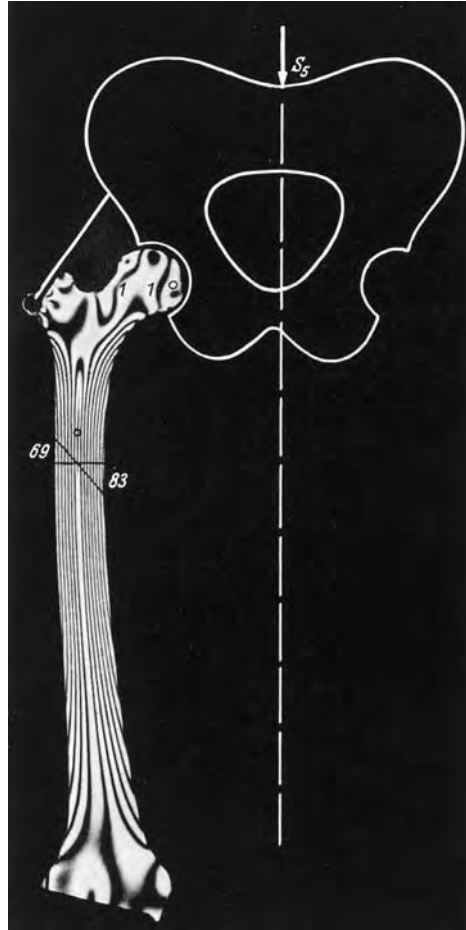


Figura C-27 Carga de flexión del fémur, intento de representar óptimamente la tensión, las cifras isocromáticas se correlacionan con la magnitud de la carga de flexión (de: Pauwels, Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates Recopilación de tratados de anatomía funcional del aparato locomotor Springer 1965)

a) Carga de flexión por la carencia de una cincha muscular

fémur anuales que se producen solamente en Alemania, nos confirma las grandes cargas de flexión a las que se ve sometido

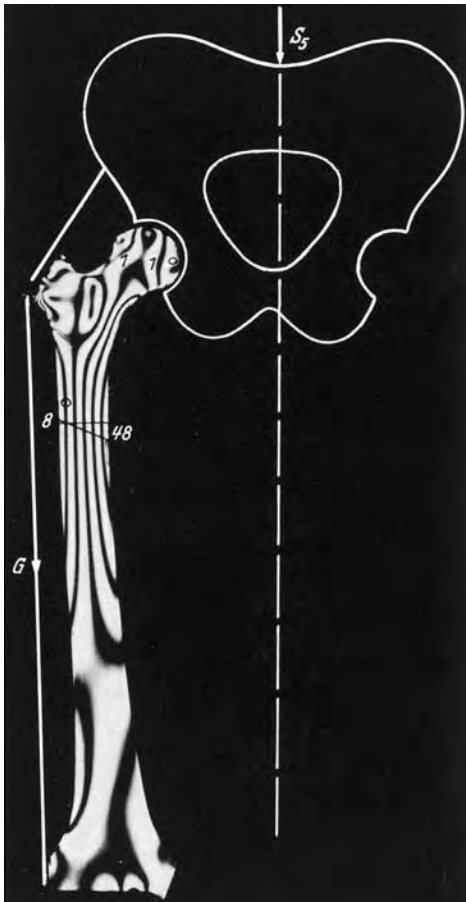


Figura C-27. Continuación

b) Reducción de la carga de flexión con una cincha muscular fuerte mediante la cintilla iliotibial, que es tensada muscularmente por el tensor de la fascia lata y las fibras superiores del glúteo mayor

do el fémur, que hacen que esta estructura no resista, especialmente cuando a ellas se suma la pérdida de densidad ósea: la osteoporosis.

Para reducir estas grandes cargas de flexión, el cuerpo dispone de un sistema de cinchas musculares que crea una fuer-

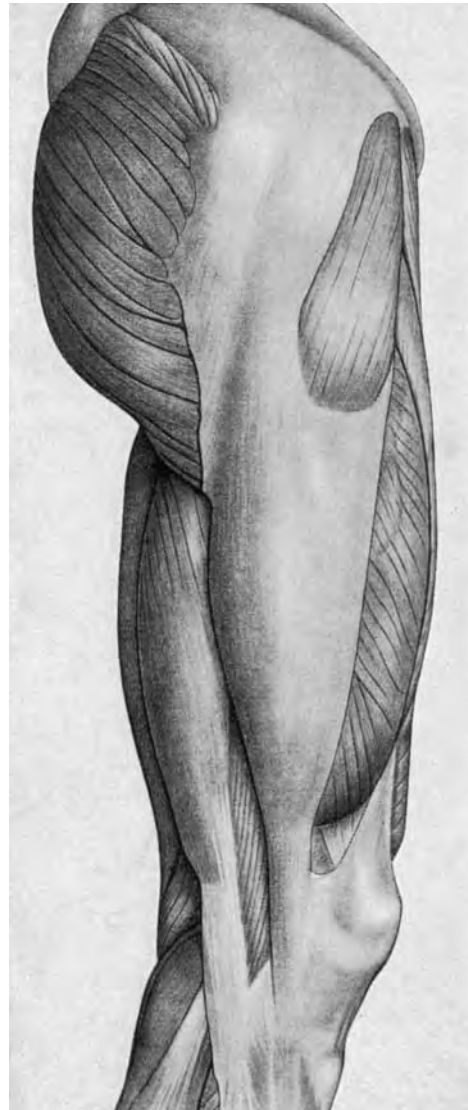


Figura C-27. Continuación

c) Cintilla iliotibial

za contraria a la de tracción del lado cargado, tal como se muestra en la fig. C-24d) (Pauwels). En el fémur, esta tracción muscular tan efectiva está repre-

sentada por la cintilla iliotibial, una banda musculotendinosa que, proveniente de la pelvis, tensa las articulaciones de la cadera y la rodilla y se inserta en la tibia, justo por debajo de la rodilla (fig. C-27b). Puesto que esta banda no se inserta en el fémur y está situada en el lado que sufre las cargas de tracción, es capaz de reducir considerablemente la carga de flexión. La tensión muscular de la cintilla iliotibial proviene del tensor de la fascia lata y de las fibras superiores del glúteo mayor. La descarga de la flexión funcionará más o menos correctamente en función de la fuerza de esta estructura. Para entrenar esta banda musculotendinosa se debe tener en cuenta ciertos puntos de la estructuración de los ejercicios, pues con la máquina de abducción de cadera clásica en sedestación no se puede proporcionar un estímulo de entrenamiento de fuerza adecuado. Por un lado, la en el entrenamiento resistencia debe ser aplicada por debajo de la rodilla y, por otro lado, el ejercicio se deben realizar inicialmente con la cadera situada en un ángulo de 0°.

Todos los huesos largos de las extremidades del hombre brazo, antebrazo, muslo y pierna, disponen de cinchas musculares para descargar la flexión. En este sentido debemos tener muy en cuenta todas las bandas musculares tanto las anteriores y posteriores como las laterales y las mediales de cara al entrenamiento.

Disciplinas deportivas asimétricas

Para finalizar las consideraciones sobre la simetría, debemos dejar claro lo importantes que pueden ser las cargas que resultan de la práctica de disciplinas deportivas asimétricas como el tenis, el squash, el bádminton, el golf, la esgrima o los deportes de lanzamiento. Para compensar las asimetrías que aparecen constantemente al dar un paso, al soportar un peso, al levantar un peso o al efectuar un lanzamiento, en estas disciplinas falta el cambio de lado. No es tan problemático el golpeo unilateral de la raqueta de tenis o el lanzamiento de la bola con una mano, como el hecho de que *todos* los golpes y lanzamientos se hagan siempre con el mismo lado del cuerpo.

Tabla C-16 Forma de proceder en el entrenamiento para equilibrar las altas cargas unilaterales

1. Procurar que, de forma general, las resistencias aplicadas en el entrenamiento de la fuerza sean simétricas
2. Aplicar estímulos de entrenamiento unilaterales adicionales dirigidos a la mitad corporal menos desarrollada
3. Entrenar de forma general los estabilizadores articulares relevantes para los movimientos de un deporte determinado
4. Fortalecer las cinchas musculares
5. Entrenar las cinchas musculares de las estructuras óseas que sufren cargas de flexión por la práctica de un deporte concreto

Lo ideal para los estímulos sería realizar 10 golpes con la izquierda, cambiar de lado y realizar 10 más con la derecha, pero está claro que esto solamente es practicable con unos pocos deportistas. En este caso, el entrenamiento muscular diferenciado se hace todavía más necesario para equilibrar o al menos para reducir esta gran diferencia de estímulos. De hecho, en la mayoría de los casos este nivel de carga unilateral durante años no se tolera sin que se produzcan cambios degenerativos si no se aplican los contraestímulos adecuados mediante el entrenamiento muscular diferenciado. En lo que se refiere al entrenamiento, se podría proceder como se ha expuesto en la tabla C-16, respetando siempre los 12 principios EF.

7. VELOCIDAD

¿Con qué rapidez se debe realizar un ejercicio o una repetición? ¿Es mejor levantar y descender un peso rápidamente, o es más beneficioso hacer el movimiento lentamente? ¿Influye la velocidad en el desarrollo de la fuerza? ¿Qué relación se establece entre la carga que recibe el cuerpo o la región corporal que se encuentre situada dentro del flujo de fuerzas y la velocidad del movimiento? ¿Influye la rapidez del movimiento en la elasticidad? ¿Nos da rapidez realizar movimientos rápidos y lentitud realizarlos lentos? Consideremos primero la velocidad y los valores de carga corporal que se producen durante la realización de algunas actividades cotidianas y deportivas.

7.1 Cargas corporales con grandes dinámicas

Procesos de aceleración concéntrica

Si queremos mover un objeto o acelerar nuestro cuerpo debemos efectuar una fuerza y un trabajo de aceleración que aumentan a medida que lo hacen la aceleración y la velocidad (ver cap. B 2). Esto comporta al mismo tiempo producir más fuerza y más trabajo y una mayor carga corporal. *Marras* comprobó la aparición de cargas de compresión y de cizallamiento en la columna vertebral que aumentaban a medida que aumentaba la velocidad de elevación de las cargas laterales (*Marras*). En este contexto, *Jäger* calculó la carga de compresión en la zona de transición lumbosacra al levantar una carga de 20 kg desde una posición de 90° de flexión de la columna vertebral y desde la posición erguida (fig. C-28). Si este levantamiento se hacía en 1 seg y no en 2 seg se producía un aumento del 50% de la fuerza de compresión de unos 6.000 N (*Jäger*).

En la realización de movimientos explosivos de la cintura escapular, como el de lanzamiento, se alcanzan velocidades, y por tanto aceleraciones, extraordinarias. Si observamos el lanzamiento de balón de un pitcher en el béisbol, veremos que éste produce un momento de rotación de hasta 1.600 Nm, y la energía cinética del brazo crece hasta 3.000 J (*Gainor*). Esta energía se corresponde por ej. con la de una bola de 1 kg de peso moviéndose a 88 km/h. En las disciplinas de lanzamiento de atletismo se dan situaciones parecidas –los brazos de los

lanzadores de jabalina alcanzan velocidades de 100 km/h con el brazo durante el lanzamiento—. Para jugar al tenis se necesitan también aceleraciones muy importantes, para producir velocidades de golpeo de hasta 30 m/s; en los deportistas de elite, hasta 100 m/s (Kleinöder). El enorme trabajo de aceleración que se necesita, realizado por los músculos de la cintura escapular y además en primera línea por las poderosas cadenas musculares de las piernas y del tronco, y transmitido a través de los músculos de la escápula, representa también una importante carga corporal.

Procedimientos de aceleración excéntrica (frenado)

El brazo del *pitcher* que antes había lanzado la pelota a gran velocidad debe

ser frenado de nuevo a velocidad cero. Dado que en este caso el trayecto de frenado es corto y el brazo posee una gran velocidad, hay que aplicar valores de frenado extremadamente altos, con el fin de evitar posibles lesiones por rotación (la bola del ejemplo que se movía a 88 km/h debe ser frenada a cero en un recorrido de unos 2 cm aprox.). *Perry* habla de valores de desaceleración a corto plazo de hasta $500.000^{\circ}/s^2$ para poder frenar el brazo acelerado a cero en tan poco tiempo (Hackney).

En el tenis el principiante, sin experiencia, se ve confrontado regularmente al problema de golpear la pelota con la parte ideal de la superficie de golpeo de la raqueta, cosa difícil de conseguir. Golpeando la pelota con el borde de la raqueta se puede producir velocidades

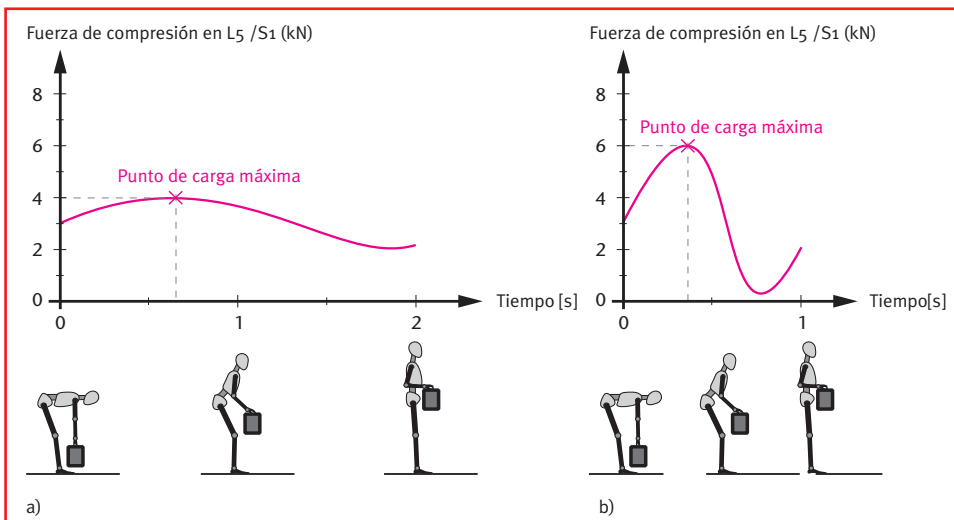


Figura C-28 Fuerza de compresión en L5/S1 (zona de transición lumbosacra) durante el levantamiento de un peso de 20 kg (de Jäger 1990)

- a) Levantamiento en 2 segundos
- b) Levantamiento en 1 segundo

angulares en forma de rotaciones alrededor del eje longitudinal de la raqueta de hasta 3.000°/s (Kleinöder), un valor extremadamente alto, que puede provocar un sobreestiramiento de los extensores de la muñeca, y finalmente una epicondilitis radial (codo del tenista), en especial cuando los músculos y las estructuras pasivas no son fuertes.

La carrera, a pesar de reunir características adecuadas para el sistema cardiopulmonar, produce cargas muy considerables en la extremidad inferior cada vez que ésta entra en contacto con el suelo. Con la medición de sensores de presión implantados en personas con una prótesis de cadera se obtuvieron valores de carga de hasta 6 veces el peso del cuerpo durante la carrera moderada (6 km/h) (Bergmann). En relación con el talón, *Renström* habla de más de 20.000 lesiones diarias de los ligamentos del tobillo sólo en los Estados Unidos (Peterson).

En el salto, especialmente en el salto desde altura, se puede medir valores de carga todavía mayores. Al realizar un salto desde un metro de altura, la articulación de la cadera experimenta un punto de carga máxima que alcanza un valor 10 veces mayor que el peso corporal y la carga de la articulación de la rodilla es todavía mucho mayor (Riegger-Krugh). Durante el levantamiento de pesos, la gran dinámica con la que el levantador se coloca en sentadilla, incluida la amortiguación de la haltera, representa una carga muy grande para el tendón rotuliano, entre otras estructuras. En la graba-

ción de un accidente en el que se produjo la rotura de este tendón en esta posición, tras el análisis del vídeo se constataron fuerzas de tracción del tendón rotuliano de 14,5 kN o de 1,45 t (Zernicke).

La recuperación en la parada tras un salto o una carrera presenta diferencias individuales. *Zatsiorsky* contrastó una vez la dura técnica de aterrizaje de un deportista principiante con la suave técnica de un deportista experimentado y obtuvo los resultados siguientes: el deportista experimentado podía absorber el 99,5% de la energía cinética mediante la fuerza muscular, el principiante solamente el 25 % mediante trabajo muscular, el resto debe ser absorbido mediante la deformación de diversos tejidos corporales. La parada suave, amortiguada por la fuerza muscular, presenta valores de carga hasta 150 veces menores para las estructuras pasivas (*Zatsiorsky*).

Los análisis de diversas lesiones musculares y tendinosas dieron como resultado que la mayoría de lesiones aparecían con grandes aceleraciones, especialmente durante los procesos de frenado excéntricos con valores de desaceleración muy altos (Curwin 1996). Bien sea durante el aterrizaje de un salto (Colosimo), durante la parada tras un paso de la carrera (Komi 1992) o al frenar la mano de lanzamiento tan acelerada tras hacer el lanzamiento (Hackney), en estas fases de desaceleración aparecen las típicas cargas máximas. Podemos ver que el tendón de Aquiles al correr alcanza cargas de tracción de unos 5.000 N y que el tendón rotuliano alcanza valores de hasta 8.000

N (Curwin 1984, Alexander). La forma extrema de una maniobra de frenado excéntrica está representada en accidentes como las caídas a gran velocidad. En muy poco tiempo se liberan grandes cantidades de energía. Muchas veces se puede compensar esta gran energía efectuando movimientos de compensación o modelando materiales externos. Si estos mecanismos fallan, el cuerpo experimenta la totalidad de la energía cinética y los músculos no pueden compensar toda esta magnitud; la compensación se produce entonces mediante las estructuras pasivas, y ¡así podemos ver cómo aumentan las cifras de lesionados!

7.2 Rapidez del movimiento en el entrenamiento de fuerza

Si el cuerpo supera una fuerza elástica o se ejercen fuerzas de aceleración desde el cuerpo sobre un objeto o sobre el mismo cuerpo, la energía de estos sistemas aumenta, o sea, la energía elástica contenida por ej. en la goma del estiramiento o la energía cinética del objeto acelerado (junto con la extremidad desplazada) crecen. Si además se eleva la resistencia, aumenta también la energía potencial. Ya sabemos que en el entrenamiento de fuerza nos vemos confrontados mayoritariamente con movimientos continuos (movimientos de ida y vuelta), o

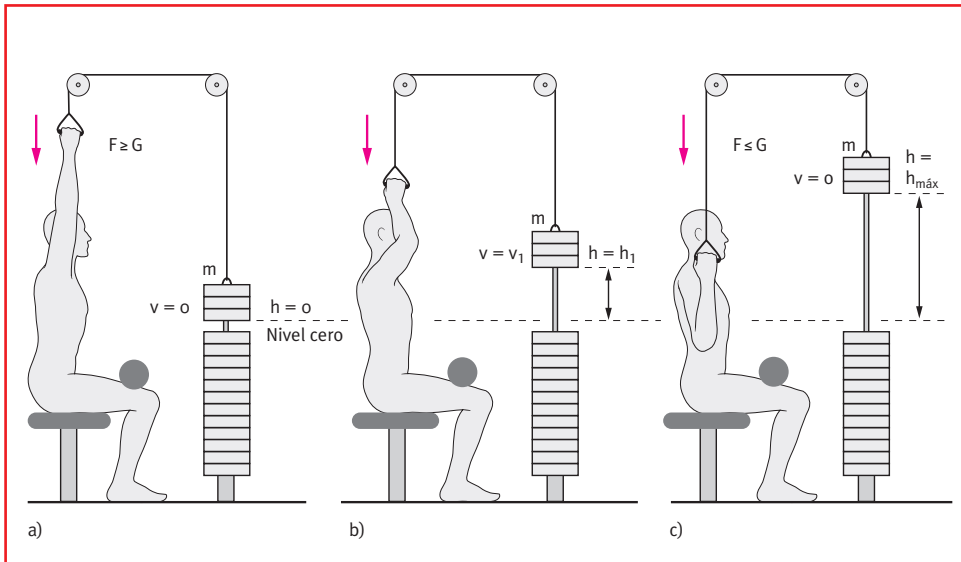


Figura C-29 3 posiciones de movimientos en el ejercicio de tracción de poleas

Una repetición está formada por el movimiento de a) hasta c) (fase concéntrica del movimiento) y de vuelta hasta a) (fase excéntrica del movimiento)

a) Punto de inversión superior del movimiento: energía cinética = 0; energía potencial = 0

b) Posición media del ejercicio: energía cinética = $1/2 m \cdot v_1^2$; energía potencial = $m \cdot g \cdot h_1$

c) Punto de inversión inferior del movimiento: energía cinética = 0; energía potencial = $m \cdot g \cdot h_{m\acute{a}x}$.

sea, para cada repetición existen dos fases de movimiento contrapuestas (ver principio EF 4), al final de las cuales la región corporal movida debe parar el movimiento completamente para invertirlo. Para que estos movimientos continuos puedan realizarse correctamente será necesario anular la energía a cero, o sea, se desciende de nuevo el objeto, se frena y la goma se destensa de nuevo.

En la fase de movimiento concéntrica (la de superación de la resistencia) se produce energía elástica o energía potencial que deberá ser anulada en la próxima fase de movimiento excéntrica (la del movimiento a favor de la resistencia).

Ejemplo de la figura C-29:

Usted levanta un peso hacia arriba en la fase concéntrica del movimiento (aumento de la energía potencial del peso; la musculatura trabaja superando el peso) y lo desciende en la fase excéntrica del movimiento de forma controlada (reducción de la energía de potencial, la musculatura trabaja frenando). La **energía cinética** producida durante una fase del movimiento debe ser reducida durante la misma fase de movimiento, pues al final de esta fase todo debe estar parado (fig. C-29b y c). Tanto si se trata de una barra como de un peso o del brazo acelerado del jugador de béisbol antes mencionado, en cada uno de estos casos la energía cinética debe ser reducida a cero en el punto de inversión. Esto significa que para un trabajo de aceleración ha de producir un trabajo de desaceleración contraria adecuado.

Cuanto mayor sea la energía cinética producida, mayor debe haber sido el trabajo de aceleración producido y mayor ha de ser el trabajo de desaceleración a producir al final del movimiento.

Se diferencian **tres zonas de movimiento** en relación con las fuerzas necesarias y las cargas actuantes, zonas que con grandes aceleraciones pueden dar valores de carga críticos (fig. C-30):

- 1. Aceleración al inicio de la fase concéntrica del movimiento (1):** Una estructura corporal no es lesionada normalmente por la propia fuerza muscular. En la realización de movimientos complejos se pueden producir fuerzas importantes mediante músculos grandes, fuerzas que deben ser transferidas mediante estructuras más pequeñas. Un ejemplo típico serían las importantes fuerzas producidas a través de la región del tronco y de la cadera que son transmitidas a la región del brazo a través de la escápula al realizar un lanzamiento o un golpe. Si la coordinación de estos movimientos no se hubiera entrenado durante mucho tiempo y los músculos de la escápula no tuvieran la fuerza suficiente, con grandes aceleraciones se producirían situaciones de carga críticas. En el entrenamiento de fuerza aparecen situaciones de este tipo durante la realización de los movimientos muy dinámicos del levantamiento de pesos y además en los movimientos de falsificación. Durante la realización de movimientos complejos también se pueden

producir sobrecargas del sistema más débil por la existencia de diversas cinchas musculares con poca experiencia de coordinación (por ej. la tracción de espalda acelerada con riesgo de sobrecarga en los tendones flexores de la muñeca). En el contexto deportivo los límites son excepcionales.

2. Desaceleración al final de la fase concéntrica del movimiento (2):

Esta zona de movimiento se debe valorar como crítica especialmente cuando las masas son pequeñas y las velocidades muy grandes, por ej., tras el lanzamiento de un balón. En el entrenamiento de fuerza, en contraposición, la fuerza de la gravedad ya tiene un efecto desacelerador sobre la masa acelerada. Una barra acelerada hacia arriba o el peso de una máquina de entrenamiento acelerado son frenados automáticamente por la constante fuerza de la gravedad. Sólo si la fase de aceleración dura demasiado de forma que quede un tiempo muy corto para la desaceleración dejando a la fuerza de la gravedad como único factor de frenado insuficiente, podría ocurrir que también en el entrenamiento de fuerza se produzcan cargas demasiado altas, aunque no críticas. Si se acelera por ej. una mancuerna hacia arriba en el press de hombros sobre la cabeza –movimiento parecido al del lanzamiento– sin frenado, al final del movimiento quedará un resto de energía cinética que debe ser compensado por las

articulaciones. Los problemas se pueden presentar cuando la curva de resistencia desciende notablemente al final del movimiento (ver curvas de resistencia, principio EF 2), como ocurre por ej. con los ejercicios de erector en bipedestación (ver cap. entrenamiento de los extensores lumbares), de forma que la función de frenado de la resistencia se pierde por completo. **Ejemplos:** La fase de desaceleración tras el lanzamiento de un balón o una jabalina o tras golpear con la raqueta; desaceleración de un golpe de boxeo “al vacío”.

3. Desaceleración al final de la fase excéntrica del movimiento (3) :

Esta zona de movimiento es la más crítica en todos los ejercicios de entrenamiento de la fuerza. Contrariamente a lo que ocurre con la desaceleración en la fase de movimiento concéntrica (2), aquí la fuerza de la gravedad no actúa desacelerando sino jacerando más! En la tracción de poleas (fig. C-29a) pueden aparecer desaceleraciones repentinas al final de la fase excéntrica del movimiento: los brazos se van hacia arriba. Al “rebotar” en ejercicios como la sentadilla, las dominadas o la flexión de rodillas, la elasticidad de los músculos se convierte en una reserva de energía que es utilizada para una mayor producción de potencia y de trabajo, pero aquí produce cargas extraordinariamente altas. De forma general, esta zona de movimiento representa la forma de carga

más importante con las fuerzas más grandes. Si el deporte que usted practica contiene movimientos de este tipo, la absorción y la elaboración de cargas pueden mejorar mucho con el entrenamiento.

En el entrenamiento muscular diferenciado se puede estructurar estas tres zonas de movimiento potencialmente críticas sin puntos de carga máxima. Por un lado, es posible aplicar **fuerzas elásticas** para evitar casi cualquier producción de energía cinética, lo que hace más atractiva la aplicación de este tipo de resistencias para movimientos rápidos. Por otro lado, se puede aplicar **fuerzas de rozamiento** en las que no se produce ningún tipo de energía (véase abajo caso especial de las fuerzas de rozamiento). Las limitaciones de estos dos tipos de resistencia han sido descritas en el principio 2 EF. Para la forma de resistencia más importante del entrenamiento de

fuerza, **las fuerzas de aceleración**, se debe tomar ciertas medidas para evitar los puntos de carga máxima.

! Caso especial de las fuerzas de rozamiento

Si la resistencia aplicada es una fuerza de rozamiento, se debe producir trabajo de rozamiento, mediante el cual no se genera ningún tipo de energía, pues el trabajo producido ya se ha consumido a través del rozamiento (en forma de calentamiento local y de deformación). Con las fuerzas de rozamiento pues, desaparece la fase excéntrica del movimiento: con la resistencia del agua o con máquinas hidráulicas solamente se puede hacer trabajo concéntrico o concéntrico/concéntrico (esto significa realizar el movimiento de empuje y de tracción en una repetición), y

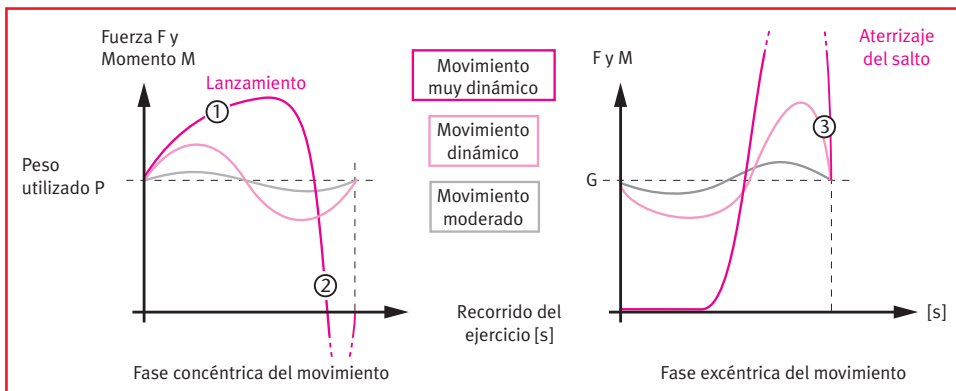


Figura C-30 Las tres zonas de movimiento que pueden ser críticas
(1) Aceleración en la fase concéntrica del movimiento (2) Desaceleración en la fase concéntrica del movimiento (3) Desaceleración en la fase excéntrica del movimiento

en diversas máquinas isocinéticas solamente es posible el movimiento excéntrico si el practicante empuja conscientemente contra el motor movido a velocidad constante también en la fase excéntrica. Dentro de una fase de movimiento tampoco se produce energía cinética. Si la fuerza corporal para, la palanca de la máquina hidráulica movida se para y la mano movida en el agua también, y en las máquinas isocinéticas se para la palanca (con frenos electromagnéticos), o la palanca a motor se continúa moviendo pero la región corporal movida se descarga inmediatamente al dejarla.

El objetivo de las **máquinas isocinéticas** es conseguir una velocidad de movimiento constante a través de la velocidad constante del motor o a través del ajuste limitador de velocidad de los frenos. Debido a la existencia de los dos puntos de inversión completa del movimiento en cada repetición esto sólo es posible en una amplitud media. Según como se realice la inversión del movimiento se producirán grandes o pequeños puntos de carga máxima. Especialmente cuando se apliquen velocidades angulares muy grandes, a partir de unos 180°/s se pueden obtener inversiones del movimiento suaves en lo que respecta a la carga articular. Al hacerlo el segmento de movimiento isocinético se reduce progresivamente. Por esta razón y por la reducción de la producción del momento de

rotación en estos movimientos continuos de ida y vuelta, las velocidades angulares están limitadas hacia arriba.

Se sabe que las **fuerzas de aceleración** crecen con:

1. el aumento de la **masa** y
2. el aumento de la **aceleración**
 - a) **traslatoria** (en una dirección) y
 - b) **rotatoria** (alrededor de un centro de movimiento)

Si se quiere doblar la fuerza lo podemos conseguir doblando la masa o la aceleración. Aunque se debe efectuar la misma fuerza, las consecuencias son muy distintas. Si se dobla la masa con la misma aceleración, se dobla también la energía cinética, si en cambio se dobla la aceleración con la misma masa, la energía cinética se multiplica por cuatro. Así pues, si se mantiene poca aceleración y se aumenta la masa para aumentar la resistencia, evitaremos los puntos de carga máxima en la curva de desarrollo de las fuerzas (ver fig. C-31).

Medidas a tomar respecto a la realización de movimientos en el entrenamiento muscular diferenciado con fuerzas de aceleración

- Evitar todo tipo de movimientos repentinos y explosivos y cualquier “rebote” en el punto de inversión del movimiento; procurar que, especialmente en los puntos de inversión del movimiento, éste se desarrolle de forma suave y regular.

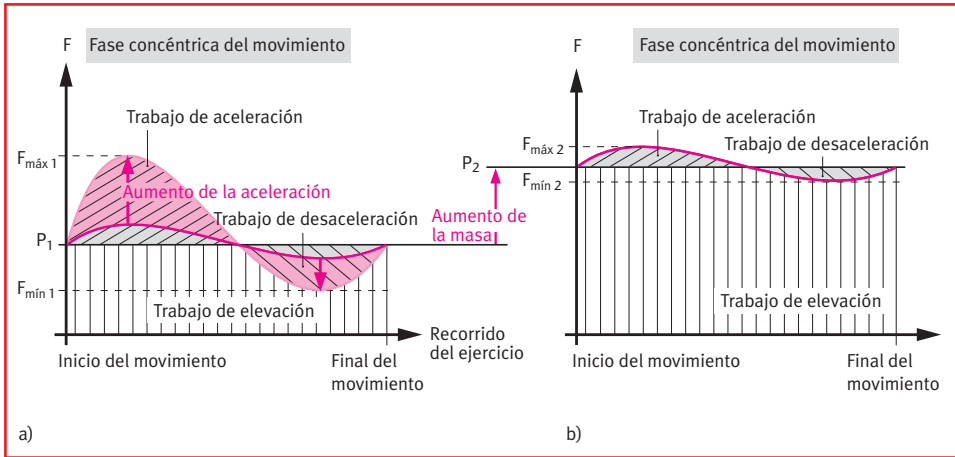


Figura C-31 Aumento de las resistencias con las fuerzas de aceleración ($F = m \cdot a$) por:
a) Aumento de la aceleración a
b) Aumento de la masa m

- Procure mantener una velocidad de movimiento regular. No debe ser extremadamente lenta, lo más importante es la regularidad.
- **Orientaciones didácticas** para una velocidad de movimiento regular:
 - El entrenador explica que el movimiento debe ser regular y se lo muestra al practicante efectuando diversas repeticiones (ver cap. B 3)
 - Si el practicante no consigue realizar el ejercicio con regularidad, se mueve a golpes y demasiado rápido en los puntos críticos, se le indicará que realice el movimiento más lentamente y el entrenador le ayudará tomando contacto físico con él.
 - Para evitar el impulso se puede instaurar una “pausa artificial” provisional. Si el practicante se acelera demasiado alto en la pri-

- mera mitad del movimiento de hiperextensión, se introducirá 1 segundo de pausa artificial para finalizar la extensión final sin impulso, solamente con la fuerza pura. Las pausas deben desaparecer dentro de las cuatro semanas siguientes tras conseguir que la velocidad del movimiento fuera regular, pues no pretendemos grabar patrones motores inútiles.
- Si ya queda garantizada la regularidad del movimiento, se podría y debería realizar el movimiento un poco más rápido, sin perder la regularidad. Se debe observar a los deportistas de alto rendimiento cuando realizan movimientos muy rápidos, sin que aparezcan puntos de carga máxima en las zonas de movimiento, pues las aceleraciones y desaceleraciones se hacen

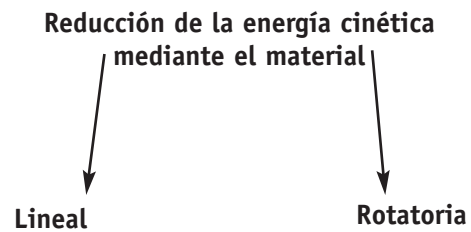
regularmente sin alcanzar grandes valores.

- Evite dejar el peso constantemente al final de la fase excéntrica del movimiento. Además del descanso parcial involuntario que se produciría en el músculo, al levantar de nuevo el peso se producirían nuevos puntos de aceleración para los músculos estabilizadores y para las articulaciones que se encuentran situadas en el flujo de fuerzas. Esto es válido también para los ejercicios realizados con el peso del cuerpo, por ej. para los “*crunches*”.
- Si se desean explícitamente grandes aceleraciones, considere las siguientes posibilidades de material así como las indicaciones del capítulo siguiente.

Medidas a tomar respecto a los materiales en la aplicación de masas móviles

Además de tener en cuenta las indicaciones anteriores, es importante conocer

algunos trucos mecánicos respecto al material que nos permitirán reducir la energía cinética, independientemente de la velocidad de aceleración. No se trata pues de cambiar la velocidad de aceleración de la ejecución del ejercicio, sino la velocidad de movimiento de la masa movida. Respecto a este punto existen dos apartados de medidas:



Reducción de la energía cinética lineal

La velocidad de movimiento de la masa movida se puede reducir disminuyendo el recorrido, o sea, **disminuyendo la altura de elevación**, pues un recorrido más corto dentro de la misma unidad de

Tabla C-17 Razones para trabajar con aceleraciones pequeñas y un aumento de las resistencias a través de la masa en la aplicación de fuerzas de aceleración en el entrenamiento de fuerza

● Se evitan los posibles puntos de carga máxima en las tres zonas de carga (ver fig. C-30)
● Los deportistas no experimentados también pueden ejecutar correctamente los movimientos
● Si se realizan movimientos regulares el aprendizaje de la técnica es más fácil
● Se puede aumentar la magnitud de la resistencia en principiantes más rápidamente sin ningún tipo de riesgo, con el efecto de obtener mejores resultados
● Las estructuras pasivas pueden experimentar un aumento de su solidez fisiológica sin verse sometidas a estímulos críticos
● Se entrenan los valores de fuerza realmente más allá de la amplitud del movimiento (en caso de producir aceleraciones mayores en la zona 1 el segmento de movimiento siguiente experimentaría estímulos de resistencia menores y correspondientemente un efecto de crecimiento local más reducido; fig. C-31a)

tiempo (la velocidad del ejercicio permanece igual) significa una velocidad de la masa menor. ¿Cómo se puede variar la altura de elevación de la masa sin influir en la velocidad del movimiento?

- Con **poleas sueltas** en los pesos (ver fig. C-32): de acuerdo con el principio de aparejo cada polea suelta reduce a la mitad la fuerza de tracción, pues la otra mitad es producida por la sujeción rígida de la cuerda. De esta manera el peso se eleva solamente la mitad del recorrido, pues la sujeción de la cuerda está fijada estáticamente.

Con la misma velocidad del ejercicio se consigue así reducir a la mitad la velocidad del peso. Tanto la fuerza que se ha de producir como la energía de potencial alcanzada son iguales en la tracción directa y en la utilización de la polea suelta siempre que utilice el doble de masa en el peso con poleas sueltas. Mediante la utilización de las poleas sueltas la energía cinética se reduce a la mitad según el cálculo de la fig. C-32. Si se utiliza otra polea suelta se produce otra vez una división por la mitad, o sea, con dos poleas

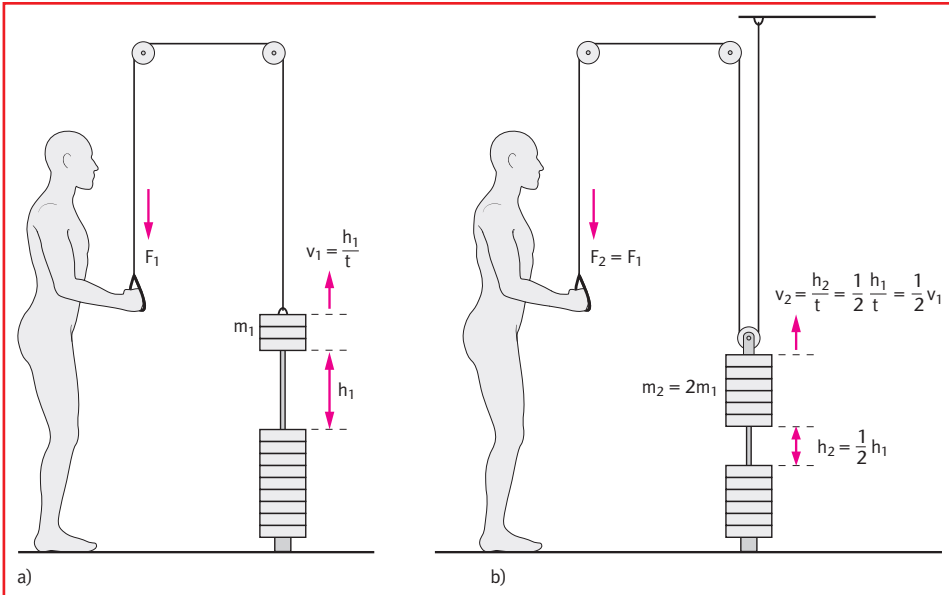


Figura C-32 Comparación de una tracción directa y una tracción con poleas sueltas
Los brazos se mueven a la misma velocidad en a) y en b) (misma velocidad del ejercicio)
a) Tracción directa: Energía cinética $E_{cin1} = 1/4 \cdot m_1 \cdot v_1^2$

$$\text{Energía potencial } E_{pot} = m_1 \cdot g \cdot h_1$$

- b) Tracción a través de una polea suelta: Energía cinética $E_{cin2} = 1/2 m_2 \cdot v_2^2 = 1/2 \cdot 2m_1 \cdot (v_1/2)^2 = 1/2 E_{cin1}$
Energía potencial $E_{pot2} = m_2 \cdot g \cdot h_2 = 2m_1 \cdot g \cdot 1/2 h_1 = E_{pot}$

sueltas tenemos un factor 1:4, etc., lo que significa que la división por la mitad de la energía cinética también supone una división igual del trabajo de desaceleración correspondiente, que a su vez significa una reducción de los puntos de carga en conjunto.

- ¿No cree que este efecto se produzca? ¡Haga usted mismo una **prueba** como en la figura C-32! Elija un peso de 20 kg por ejemplo traccionado por una polea de conversión directa y realice un ejercicio de tríceps en bipedestación; intente sentir bien el movimiento, especialmente en los puntos de inversión. Vaya ahora a una máquina de tracción de poleas con un polea suelta. Para hacer la misma fuerza, debe colocar el doble de masa en el aparato, o sea 40 kg. Efectúe ahora el mismo ejercicio con el mismo agarre. Ha de sentir la misma fuerza, pero ¿nota la diferencia en la sensación del movimiento? La carga articular es menor.
- **Excéntricas y discos de transmisión más pequeños:** En todas las máquinas excéntricas, casi la mayoría de las máquinas de entrenamiento uniarticulares, en las que la tracción de los pesos es transmitida a una palanca u otro tipo de tracción (o sea, explícitamente ninguna tracción directa de poleas), la magnitud de la excéntrica o la del disco de transmisión general (no la polea de inversión) son las que determinan la altura de elevación del peso. Cuanta más pequeños sean los diámetros de los discos de transmi-

sión o de la excéntrica (independientemente de la curva de resistencia), menor será la altura de elevación y por tanto la energía cinética lineal. Se trata del mismo efecto que presenta el sistema de poleas sueltas.

- **Palancas más pequeñas** o de forma general **relaciones de conversión menores:** Variando la relación de la carga con las palancas de fuerza se puede variar también las alturas de elevación de los pesos.
- De forma general se puede afirmar que la magnitud decisiva es la altura de elevación del peso en relación con el recorrido del ejercicio. A más recorrido del ejercicio en relación al recorrido de elevación del peso, menor es la energía cinética y menores los puntos de carga máxima. En ejercicios como por ej. las flexiones, extensiones o rotaciones de la columna vertebral, diversos ejercicios de la CC, ejercicios de rotación de la cadera o de hombros, movimientos de extensión de codos u otros, debemos procurar establecer un recorrido de elevación claramente menor que el recorrido del ejercicio.
- En general se debe mantener al mínimo los valores de rozamiento de todas los elementos movidos linealmente (por ej. pesos) para que no sea necesario producir más trabajo de rozamiento.

Reducción de la energía cinética rotatoria

Además de la existencia del movimiento lineal, no podemos olvidar la existencia de posibles influencias de rota-

ción que también aumentan la energía cinética.

- Todos los rodillos guías (para cuerda, cadena, correa, etc.) de las máquinas de entrenamiento han de ser lo más ligeros posible para reducir la inercia de rotación (por ej. de plástico, no de metal).
- Se debe escoger poleas de inversión con un diámetro grande, pues con la misma velocidad de la cuerda en estas poleas la velocidad de rotación disminuye.
- Las asas libres de las máquinas (por ej. la de tracción de poleas) deben ser lo menos pesadas posible.
- Para realizar movimientos con un componente de rotación, como por ej. los curls de brazo, se debe escoger preferentemente mancuernas con agarre rotatorio, pues con ellas casi no se crea movimiento de rotación. La mancuerna se gira libremente dentro del agarre mientras se eleva (debido a la inercia que va en contra de la dirección del movimiento). Si no fuera así, al final del movimiento la energía de rotación claramente aumentada debe ser compensada por la articulación.
- Por las mismas razones, las barras también han de disponer de discos rotatorios de bolas cuando se trabaje con movimientos con un componente de rotación.
- De forma general hay que mantener al mínimo los valores de rozamiento de los elementos rotatorios, el objetivo es conseguir una posición alta con valores de rozamiento pequeños.

7.3 Preparación para cargas muy dinámicas: velocidad

Cargas cotidianas muy dinámicas

¿Qué medidas debemos adoptar en el entrenamiento de la fuerza para defendernos ante las cargas cotidianas muy dinámicas lo mejor posible? Evidentemente, el hecho de realizar un entrenamiento general de fitness ya mejora mucho la situación, pero para obtener mejoras considerables es necesario cumplir con los siguientes puntos de entrenamiento:

1. El grueso de las series de entrenamiento se debe realizar con resistencias del 75 hasta el 90% de la $F_{máx.}$ o de 4 a 12 RM. Entrenando de esta forma se producen los efectos ya descritos, como:
 - aumento considerable de la fuerza
 - hipertrofia muscular
 - formación de fibras FT
 - fortalecimiento de todas las estructuras pasivas (especialmente de los tendones, inserciones tendinosas y óseas, huesos, articulaciones, etc.) que más carga reciben
2. Se deben tener en cuenta los puntos débiles individuales y los desequilibrios derecha/izquierda para el entrenamiento e intentar equilibrarlos o al menos compensarlos muscularmente (ver principios EF 6 y 12).
3. Es imprescindible efectuar un entrenamiento con ADM completa (ver principio EF 3).
4. Se debe practicar especialmente ejercicios libres de entrenamiento de la

coordinación. El cuerpo debe aprender a desviar por sí solo y recibiendo la menor cantidad de carga posible las cargas y grandes fuerzas que aparecen durante la aceleración y la desaceleración (ver principio EF 1).

5. Se debe planificar un entrenamiento de fuerza que incluya el mayor número de articulaciones posibles, tanto la región de la columna (entre otras la rotación) como las articulaciones restantes, utilizadas en la vida cotidiana.

Disciplinas deportivas muy dinámicas

Antiguamente había muchos autores que defendían la tesis de que “el entrenamiento de fuerza nos hace lentos”. Esta vieja idea está completamente eliminada en la actualidad. Ya en 1980 *Schmidtbleicher* demostró que efectuando un entrenamiento de fuerza máxima con cargas del 90-100% se podía conseguir, además del ya conocido aumento de la magnitud de las cargas, un aumento de la velocidad de movimiento tanto con cargas pequeñas como con cargas mayores (transmisión paralela de la curva de fuerza y velocidad de Hill). Se acortó el tiempo de contracción de las fibras FT y aumentó el impulso de la fuerza (*Schmidtbleicher* 1980); el deportista ganaba velocidad y aumentaba su potencia. El entrenamiento de fuerza máxima y el aumento de fuerza que con él se consigue ya han sido muy útiles al deporte de competición. En este sentido *Allmann* observó que una serie de depor-

tistas aumentó su velocidad en la carrera incrementando sólo su fuerza de flexión de rodillas, sin haber realizado un entrenamiento específico para la carrera (*Allmann*) (ver cap. A 4). Si tenemos en cuenta el desarrollo corporal de los velocistas de 100 m en los últimos 30 años, nos daremos cuenta de que el tipo velocista delgado de los años 1970 se ha ido transformando en un atleta mucho más musculoso. A pesar de que la musculación ha comportado un aumento de peso, llegando a pesar ahora de 80 a 90 kg, y de que en el esprint se debe acelerar toda la masa corporal, estos factores se han vistos compensados por el aumento de la fuerza muscular. De hecho, la mayoría de los velocistas de la elite mundial son capaces de realizar sentadillas con 200 kg o más. En otras disciplinas deportivas en las que predomina la velocidad, como los deportes de lucha o los de lanzamiento, se han producido desarrollos similares (ver cap. A 4).

Podemos decir pues que el entrenamiento de la velocidad está dominado en primera línea por el entrenamiento de fuerza máxima general y dirigido al deporte que se practica (*Schmidtbleicher* 1980, *Bührle* 1977, *Grosser* 1985, *Allmann*) y acompañado en segundo término por un entrenamiento de alta velocidad, en el que se debe utilizar continuamente una adaptación técnica específica de cada deporte. El entrenamiento de fuerza máxima tiene además la función clave de preparar a los deportistas para las grandes cargas que se producen en disciplinas tan dinámicas.

Entrenamiento de fuerza máxima

- Se debe adoptar todas las medidas expuestas en los apartados anteriores (ver “cargas cotidianas muy dinámicas”).
- Con este entrenamiento hay que implicar todas las articulaciones relevantes para la disciplina practicada.

Ejemplo: Así, en el **entrenamiento de fuerza para un velocista**, además de los ejercicios clásicos como la sentadilla, la sentadilla profunda, la media sentadilla, los ejercicios de extensión y de flexión de cadera, los ejercicios de rotación de la columna vertebral, etc., se debe practicar también una serie de ejercicios diferenciados. Se empieza por mejorar la capacidad de carga del pie. Efectuando un entrenamiento específico para el estribo del pie –tibial anterior y posterior por un lado y peroneo largo y corto por el otro– se mejora el enrollamiento espiral de la arquitectura del pie para soportar mejor las cargas. Además de debe mejorar el momento de impulso y de apoyo sobre el dedo gordo, desarrollando sobre todo la fuerza del flexor largo del pulgar; para desarrollar los flexores plantares, debemos levantar el pie hasta los dedos.

- También procuraremos entrenar la función de los músculos responsables de la aceleración tanto como la de los de la desaceleración y los estabilizadores. Muchas veces se olvida la **musculatura que frena**, lo que provoca la aparición de muchas lesiones.

De forma explícita en el entrenamiento de fuerza se debe tener en cuenta el trabajo excéntrico, por ej. los isquiotibiales para el velocista, los retractores de la escápula en el boxeador o los rotadores externos de la escápula en el lanzador. Para variar el entrenamiento sería adecuada la realización de un entrenamiento consciente de la fase excéntrica del movimiento con ADM completa, del entrenamiento puramente excéntrico con resistencias $>100\% F_{\text{máx.}}$ y el entrenamiento excéntrico aislado en máquinas isocinéticas.

- Otra medida a tomar sería la práctica de **secuencias de movimiento específicas de un deporte** con fuerzas máximas. Para hacerlo, es necesario analizar los movimientos de cada una de las secuencias de movimiento con sus respectivas direcciones de resistencia actuantes, curvas de resistencia, ángulos y amplitudes articulares. En función de estos valores se puede simular la secuencia de movimiento con el material necesario variando las resistencias. Según el deporte también se puede aplicar fuerzas máximas durante la práctica deportiva. A modo de ejemplo se cabe entrenar la fase de salida de un esprint empujando un coche o más tarde un camión. A pesar de tener poca aceleración, la fuerza de aceleración se produce igual por la gran masa. Dado que en este caso la energía cinética es muy pequeña y la fase excéntrica del movimiento no existe, el potencial para lesionarse es

muy pequeño. También es posible aplicar tracciones para correr en las que el corredor ha de arrastrar algún peso atado a un cinturón (por ej. un neumático). Pero no son tan adecuados los paraguas de freno o la utilización de chalecos de peso, pues en estos casos la dirección de la resistencia no se corresponde con la del esprint.

- Si aplicamos grandes resistencias debemos procurar establecer **una velocidad de contracción alta** (Schmidtbleicher 1994). El deportista intenta contraer el máximo número de fibras lo más rápido posible al principio de la fase concéntrica de movimiento. Coloca por ej. la mancuerna sobre los hombros, en posición inicial, para realizar el press de hombros sobre la cabeza e intenta levantar el peso lo más rápidamente posible. El objetivo no es conseguir una velocidad final lo más alta posible, sino solamente reducir el tiempo hasta que el peso se mueva y haya reclutado el máximo número de fibras musculares.
- En una fase posterior del entrenamiento de fuerza máxima también dan resultado las **secuencias de movimiento explosivas** a gran velocidad de movimiento. El entrenamiento de fuerza explosivo se debe practicar en primera línea en sistemas con una energía cinética reducida, como en sistemas de poleas sueltas (como mínimo 4 poleas sueltas) o en la aplicación de fuerzas elásticas en forma

de tracciones de muelles o resistencias neumáticas. La realización de estos movimientos queda limitada a la fase concéntrica del movimiento.

Entrenamiento específico para un deporte a gran velocidad

El deportista realiza movimientos lo más rápidamente posible, con resistencias que son iguales o un poco menores que las cargas que se utilizan en la competición. Los lanzadores de peso, por ej., utilizan bolas más pequeñas en el entrenamiento, y los velocistas efectúan carreras en bajadas (pendiente máxima de 4 a 5°, si no dominan los efectos de frenado [Tabachnik]), o carreras de empuje en las que corren atados por un cinturón a un Kart que se encuentra delante suyo y que les hace correr un poco más rápido de lo que podrían hacerlo por sus propias fuerzas.

En el **entrenamiento pliométrico** se producen impulsos de fuerza muy grandes. Aquí se estira el músculo repentinamente de forma que, por un lado, se produce la contracción rápida de la mayoría de las fibras musculares (ciclo estiramiento-acortamiento) provocada a través del huso muscular de forma refleja (función de protección) y, por el otro, se almacena como energía una parte del trabajo de estiramiento que se había utilizado para el estiramiento muscular repentino en el aparato musculotendinoso y se vuelve a gastar cuando se realiza el movimiento contrario. Este efecto de almacenamiento elástico se ha descrito como una medida de ahorro de energía muy

importante ya en los saltos de los canguros (Morgan). Esta forma de entrenamiento representa, pues, junto con el entrenamiento reflejo, un entrenamiento del almacenamiento de energía elástica.

Pero esta forma de entrenamiento viene acompañada de una gran carga para los músculos, los tendones y los puntos de inserción tendinosa, por lo que aconsejamos no empezar el entrenamiento pliométrico sin haber entrenado la fuerza máxima de forma intensiva como mínimo durante un año. Los intervalos de entrenamiento no deberían ser superiores a 4 semanas. Los ejercicios que se pueden hacer son por ej. los saltos profundos desde bancos de 30 a 40 cm de altura sobre una superficie estable. Justo después de saltar del banco, el deportista vuelve a saltar lo más alto posible sin rebotar. Las prensas de piernas balísticas en alto rendimiento ofrecen resultados similares. Los impulsos pliométricos con las regiones del brazo y de la cintura escapular se pueden realizar en una máquina multi con la ayuda de una barra guiada, descendiendo la barra rápidamente hacia el pecho, frenando repentinamente y acelerándola rápidamente de nuevo hacia arriba (sin peso adicional).

Las formas de entrenamiento pliométrico y explosivo son practicables bien directamente después del entrenamiento de la fuerza máxima, bien como una unidad de entrenamiento independiente con una fase de calentamiento y de preparación más amplia. En el primer caso el riesgo de sufrir lesiones está muy mini-

mizado y la capacidad de rendimiento aumentada. En la competición se podría aumentar por ej. el rendimiento del esprint efectuando sentadillas con peso justo 10 min antes de la carrera (Allmann).

Prácticas deportivas paralelas

A medida que se avanza en el entrenamiento de fuerza máxima, se consigue el aumento de fuerza deseado. Cuando, tras meses de entrenamiento de fuerza, el deportista inicia de nuevo la práctica de su disciplina, a pesar de tener ahora músculos más fuertes, será más lento y menos preciso. El cuerpo todavía no ha aprendido a aplicar el programa motor asimilado a los músculos ahora más fuertes. Si hasta ahora era necesario activar el 70% de las fibras de un músculo para realizar un movimiento específico con la articulación a 12°, con unos músculos más fuertes tal vez esta orden tuviera que darse con un ángulo de 10° o puede que con 12° sólo tuviera que activarse el 65% de las fibras. Esto significa que el deportista debe darle al cuerpo la oportunidad de adaptarse de forma coordinada a las nuevas capacidades de frenado y de aceleración. Esto requiere algunas semanas de entrenamiento específico. Muchas veces ocurre que algunos deportistas y entrenadores no se quieren tomar este tiempo, no pueden o no quieren tolerar la “lentitud” y “falta de coordinación” que esto supone en las primeras unidades de entrenamiento, y por ello renuncian desafortunadamente al entrenamiento de fuerza máxima. El entrena-

miento de fuerza debe acompañar al deporte durante todo el año y ser practicado en diferentes niveles de periodicidad. Paralelamente es posible:

- Practicar deportes que ofrezcan al cuerpo la oportunidad de adaptarse a los procesos motores
- Practicar deportes con resistencias adicionales (ver antes)
- Practicar deportes con una rapidez extrema

En esta obra no es posible describir otros factores que, en determinadas disciplinas deportivas, influyen sobre la velocidad, como son las técnicas de entrenamiento específicas de un deporte, el entrenamiento mental o el entrenamiento de la velocidad de decisión o de percepción (por ej. deportes de juego, escalada).

! Fase durante el aprendizaje de una técnica deportiva

El golpeo adecuado de la raqueta de tenis, el impulso de golf correcto o el salto de un atleta: para tener integradas secuencias motrices de esta categoría con la velocidad y precisión necesarias, es necesario repetir aquellas de 20.000 a 30.000 veces. Pero se plantea la cuestión: ¿qué ocurre durante la fase de aprendizaje de la técnica? ¿cómo se protege durante este tiempo las diferentes regiones corporales ante posibles lesiones? Muchos de los intentos obligatorios se realizan con una técnica

ca inadecuada y los intentos peores provocan sobrecargas locales. En esta fase, el principiante de tenis por ej. se verá confrontado muchas veces con un falso golpe de la raqueta y consecuentemente con los puntos de carga máxima que esto conllevará para los tendones extensores y para la muñeca. La teoría de algunos autores de que estas sobrecargas aparecen por la presencia de fuerzas musculares demasiado importantes confunden la causalidad. De hecho, las dinámicas extremas y las geometrías articulares poco favorables provocadas por una técnica incorrecta son las responsables de la sobrecarga, y el cuerpo no dispone de la suficiente solidez de las estructuras pasivas ni de la suficiente fuerza muscular para producir el trabajo de estabilización y de desaceleración necesario. ¡El problema no es la fuerza muscular, sino su ausencia!

Vemos que es necesario llevar a cabo un entrenamiento de fuerza antes de aprender técnicas más duras. La previa realización del entrenamiento de fuerza aumenta la capacidad para soportar las cargas de estas estructuras y mejora el trabajo de estabilización y desaceleración musculares. Tras unos seis meses o un año de entrenamiento de fuerza, además de un aumento de los valores de fuerza, las articulaciones, los huesos, los ligamentos y las fijaciones tendinosas han aumentado considerablemente su solidez. El entrenamiento técnico puede realizarse así a un nivel

más alto y con menos riesgo de sufrir lesiones. Probablemente, los deportistas que se hayan preparado así se podrán mantener más tiempo en el deporte de alta competición sin que las lesiones los obliguen a dejarlo.

8 SENSACIONES CORPORALES

Al entrenar en diversas instalaciones hemos observado que la conciencia de las sensaciones corporales de los practicantes está muy poco presente, el practicante suele tener poca información y ayudas para saber qué es lo que debe hacer cuando sienta dolor o molestias durante el entrenamiento.

De forma general se debería prescindir de cualquier forma de entrenamiento de la fuerza si la persona se encuentra en un estado de enfermedad febril. Si el practicante sufre alguna lesión, tiene dolor o molestias u otro tipo de limitaciones físicas, puede entrenar la fuerza dentro del marco de los 12 principios EF, y para esclarecer la existencia de posibles contraindicaciones deberá consultar a un médico. La existencia de dolor durante el entrenamiento es casi siempre una señal de alarma. El dolor se puede deber a patologías degenerativas o traumáticas de la vida cotidiana, sobreentrenamiento, la aplicación de diversas cargas incorrectas durante el entrenamiento, el movimiento de zonas rígidas o acumulación local de ácido láctico. Por un lado, se dice siem-

pre “no entrene con dolor” y, por el otro, muchos deportistas de competición hablan de “entrenarse en el dolor”, de “*no pain – no gain!*” ¡El dolor no es siempre el mismo! Debemos definir la calidad del dolor en el entrenamiento.

Calidad del dolor

- Si el dolor que aparece es una sensación de “quemazón” que aparece en las últimas repeticiones de una serie, que aumenta con cada repetición adicional y que sólo se siente en los músculos relevantes para el ejercicio, hablamos de “quemazón muscular” o “*burning*”. Otras de las características de este dolor son su aparición únicamente durante la realización de una serie de entrenamiento intensivo agotadora y su desaparición tras pocos segundos de la finalización de la serie, pudiéndose volver a sentir al final de una nueva serie de entrenamiento agotador. Parece que lo que causa esta sensación son las grandes concentraciones locales de ácido láctico que se producen en muy poco tiempo, producidas como producto de desecho del aporte energético anaeróbico, y que no se han podido eliminar con rapidez debido a la intensidad de la carga y la existencia de tensión muscular. Por la metódica del entrenamiento sabemos que este agotamiento muscular tan amplio con resistencias altas produce unas tasas de hipertrofia muy altas. Este “dolor” no es problemático y, por lo que hemos expli-

cado, es provocado muchas veces conscientemente por los mismos deportistas.

- El comportamiento en otras calidades de dolor como por ej. el dolor punzante y sordo o el dolor que aparece desde la primera repetición es diferente. La localización del dolor en una articulación o en los puntos de inserción de una musculatura es indicio de la existencia de una inflamación, irritación, etc. En todos estos casos se debe interrumpir y dejar inmediatamente los ejercicios que hayan provocado la aparición del dolor. Evidentemente también se puede entrenar con dolor, pero sólo en la amplitud del movimiento que no lo provoque. De forma general, en el entrenamiento de fuerza se presentan pocas lesiones y, cuando aparecen son menores. En *Ritsch* se puede leer algunas consideraciones al respecto (Ritsch).

En la práctica del entrenamiento se aconseja siempre al entrenador que pregunte al practicante cómo “siente” el ejercicio y si tiene una sensación negativa. Si siente dolor, hay que preguntarle qué tipo de dolor siente y dónde y cuándo lo siente.

Procedimiento a seguir en caso de la aparición de dolor agudo

1. Se debe interrumpir la realización del ejercicio que ha provocado la aparición de dolor; no se realizará ninguna repetición más y se dejará suavemente la resistencia.

2. La primera medida que se ha de adoptar en el entrenamiento es el intento de buscar una variante del ejercicio para trabajar el mismo grupo muscular. La variante buscada debe presentar:

- otra posición corporal, postura y apoyo
- otro ángulo de tracción, una dirección de la fuerza distinta
- otra disposición de las palancas o asas
- participación de otros músculos auxiliares.

3. Si en estas variantes del ejercicio también aparece dolor, buscaremos otros ejercicios para el grupo muscular en los que la región afectada por el dolor esté protegida.

Ejemplo: Cuando aparece dolor en la región flexora del codo (puede que exista una irritación de los tendones flexores) ya no es posible practicar muchos ejercicios de espalda. Pero los ejercicios de espalda sin elemento flexor del codo, como el de “extensión de hombro en una máquina” o el las aberturas posteriores (ver fig. C-21a), se pueden practicar sin provocar dolor ni carga alguna.

Ejemplo: Cuando aparece dolor en la región de los hombros durante el press de hombros sobre la cabeza se puede realizar ejercicios de elevación lateral de brazos de 0° a 60° en la máquina de tracción de poleas o ejercicios de elevación frontal con mancuernas en posición de rotación externa. En ambos ejercicios se ha elimi-

nado el atrapamiento (*impingement*) típico del hombro.

4. Además de éstos es evidente que se puede realizar todos los ejercicios en los que la región afectada no se encuentre dentro del flujo de fuerzas. Cuando hay dolor en la flexura del codo se puede entrenar las regiones de la cadera, de la rodilla y del pie, el tronco, la CC y la mayoría de las veces también el pecho, los hombros y los extensores del codo.
5. Si se trata de un dolor intenso, según su experiencia y lo que demuestran diversos estudios, podrá ser correcta la aplicación de frío o de calor, de una técnica de masaje determinada, la ingestión de aspirinas para reducir la agregación eritrocitaria o la realización de movimientos sin resistencia con muchas repeticiones para aumentar la irrigación sanguínea local. Las terapias con enzimas también han obtenido buenos resultados, especialmente en los esquinces musculares. En cualquier caso, tanto si el dolor es muy intenso como si perdura, debería consultar a un médico.

Si se actúa, como se ha indicado, inmediatamente después de la aparición de dolor típica de la realización de un ejercicio, en la mayoría de los casos el dolor ya habrá desaparecido en la próxima sesión de entrenamiento.

Dolor crónico

Debemos diferenciar estos tipos de dolor del dolor presente desde hace

mucho tiempo en determinadas regiones de aparato locomotor, por ej. el típico dolor de espalda. El ámbito del dolor crónico es muy complejo, depende de muchos factores y, evidentemente, no puede ser tratado extensamente en esta obra. Pero podemos retener que, justamente tratándose del dolor de espalda, en muchas investigaciones realizadas en la década de 1990 se demostró que los síntomas mejoraban o desaparecían con la realización de un entrenamiento de la fuerza (entre otros Denner, Manniche, Hildebrandt) (ver cap. D 2.3e), estabilización muscular en el campo de tensión de las dolencias vertebrales). Cada vez se ve más claro que los programas activos y estimulantes de entrenamiento de la fuerza pasan por delante de los programas pasivos de relajación y de las formas de terapia física en este contexto (Kessler, Manniche). También se ve claro que con un entrenamiento de la fuerza de ocho semanas de duración, la situación mejora, pero, si se abandona el entrenamiento, las mejoras no se pueden conservar durante mucho tiempo. Parece ser que la resistencia siempre es necesaria para el aparato locomotor. Evidentemente, la decisión de empezar con el entrenamiento de la fuerza con personas que sufran algún tipo de dolencia o lesión requiere el estudio del caso y una estructuración segura del entrenamiento junto a un buen seguimiento.

Al aplicar el entrenamiento de la fuerza en pacientes con afecciones crónicas de la espalda se observó que en las primeras cuatro semanas los pacientes se

aquejaron un aumento del dolor de espalda (Manniche, Hildebrandt). Pero, a pesar del aumento temporal del dolor se continuó con el entrenamiento. El dolor exacerbado desapareció y tras 12 semanas muchos de los pacientes no sentían dolor alguno a pesar de haber vivido con él durante muchos años. En pacientes con afecciones reumáticas, en quienes se consiguió una importante reducción del dolor tras la realización de un entrenamiento de fuerza de ocho semanas de duración, también se detectó un aumento del dolor en las primeras semanas de entrenamiento (Martin). Aparentemente, en este primer aumento del dolor no se trata de un dolor perjudicial, sino de un dolor de movimiento que tiene su origen probablemente en la existencia de adherencias y rigidez de los tejidos.

El entrenamiento muscular diferenciado es un tratamiento que actúa sobre la causa del dolor en muchas personas con afecciones del aparato locomotor. En estos casos se entrena, pues, a causa del dolor. Como muestran las investigaciones expuestas, en el inicio del entrenamiento puede incluso aparecer un aumento del dolor. Para poder diferenciar este “dolor de movimiento” del dolor provocado por la aplicación de cargas inadecuadas o por la realización incorrecta del ejercicio, en este entrenamiento motivado terapéuticamente el practicante debe ser guiado en una relación 1:1 por el entrenador.

En **afecciones crónicas producidas por el entrenamiento de fuerza** como las presentadas en las zonas de inserción tendinosa y en las vainas tendinosas, se

ha mostrado muy beneficiosa la realización de ejercicios controlados sin forzar en la región dolorosa, pero con resistencias mínimas <40 % F_{máx} y gran número de repeticiones >30 para aumentar la irrigación sanguínea local. Los estímulos de presión puntuales aplicados por la mano de un fisioterapeuta en la región dolorosa también provocan una nueva fase aguda con el efecto de reactivación de los propios mecanismos de reparación del cuerpo. En relación con las diversas formas de tratamiento farmacológico, manual, etc. se debe consultar otras publicaciones.

9 TÉCNICAS DE RESPIRACIÓN

La respiración durante la realización de los ejercicios del entrenamiento muscular diferenciado debe atenerse a tres reglas:

1. Evitar la respiración forzada
2. Garantizar una respiración regular
3. Siempre que sea posible, espirar en la fase de contracción

Respirar de forma regular, no forzada

Cuando hablamos de respiración forzada nos referimos a que el practicante aguante la respiración durante toda la repetición o como mínimo durante la fase de realización del máximo esfuerzo. En este caso el aire comprime la glotis, que se encuentra cerrada, aumenta la presión interabdominal (prensa abdominal) y se produce un aumento de la presión sistólica. La respiración forzada se puede reali-

zar voluntaria o automáticamente al trabajar con pesos muy pesados o por soportar otras cargas importantes.

Con la respiración forzada mejora la fijación de la caja torácica y bajo esta presión se puede conseguir, como ya constataron los fisiólogos del deporte rusos, un desarrollo de la fuerza hasta un 10% mayor (Findeisen 1980).

Pero estas ventajas a nivel de la potencia contrastan con una serie de inconvenientes fisiológicos que también aparecen durante la “repetición de la respiración forzada” (ver tabla C-18).

Si se trata de deportistas sanos y de deportistas de alto nivel todavía muy jóvenes, las ventajas de la respiración forzada son relevantes especialmente para alcanzar grandes rendimientos o para la consecución de récords y los inconvenientes el organismo, fácilmente compensables. Para los aficionados (también para los que se reincorporan), para las perso-

nas mayores, las que se encuentren en proceso de rehabilitación y las que tengan problemas especiales, es mejor dejar este tipo de respiración completamente de lado. Para que también las personas con por ej. esclerosis (estrechamiento degenerativo de los vasos) o enfermedad coronaria puedan llevar a cabo un entrenamiento de fuerza adecuado, es necesario conseguir estrictamente la evitación de cualquier forma, por mínima que sea, de respiración forzada.

Como entrenador, usted debe mostrar al practicante cómo debe respirar, acompañándole de forma sonora durante la ejecución de las repeticiones, y procurar que ésta sea regular (sonidos respiratorios regulares). Se aconseja al practicante que se acostumbre a respirar con regularidad durante la ejecución de los ejercicios, y a hacerlo conscientemente con atención hasta que esto se convierta en un gesto automático.

Tabla C-18 Inconvenientes de la realización de ejercicios con respiración forzada

● El aumento de la presión intertorácica perjudica la circulación de retorno venoso (Weineck 1996)
● Descenso del volumen minuto cardíaco en hasta un 55% (Rost 1974)
● Disminución del volumen de expulsión de hasta el 70% (Rost 1974)
● Disminución en un 45% aprox. de la irrigación cardíaca (Weineck 1996)
● Mientras se efectúa la respiración forzada no se produce arterialización de la sangre (pérdida de la saturación de oxígeno) (Hollmann 1965)
● Es posible la aparición de un colapso debido al déficit de irrigación cerebral (Rost 1974)
● En el entrenamiento con respiración forzada se han medido valores de presión sistólica de hasta 400 mm Hg. En personas con arterioesclerosis (se encuentran vasos afectados en una de cada dos personas de 50 años) se pueden llegar a producir alteraciones del ritmo cardíaco, lesiones vasculares e infartos.

Espirar durante la realización del esfuerzo

En la mayoría de los ejercicios la espiración durante el esfuerzo ha demostrado ser la más ventajosa. Por un lado, la capacidad de desarrollo de fuerza durante la espiración es algo superior a la que se presenta durante la fase de inspiración (Findeisen 1980). Por otro lado, en los ejercicios en los que el flujo de fuerzas pasa a través del tronco, la espiración durante el esfuerzo es más conveniente para las cargas. Pero, según la posición del cuerpo, en estos ejercicios también se da la situación inversa. En estos pocos casos en los que el practicante experimenta como claramente más agradable la secuencia respiratoria inversa, ésta debe ser sencillamente aplicada.

En la práctica del entrenamiento se plantea frecuentemente esta cuestión: “¿cuándo es el momento de realización del esfuerzo?, ¡a mi todo me cuesta esfuerzo!”. Didácticamente aquí podemos hacer referencia al momento en que levantamos el peso, o cuando estiramos la goma, etc. La indicación sería: espirar regularmente al levantar el peso e inspirar regularmente cuando se desciende el peso.

10 CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO

10.1 Calentamiento

Como en todas las disciplinas deportivas, en el entrenamiento de fuerza también es necesario calentar antes de iniciar el entrenamiento. De forma similar a lo

que ocurre con un motor, que no es capaz de rendir completamente cuando acaba de arrancar frío y que justo cuando está a más revoluciones estando todavía frío es cuando experimenta el mayor desgaste, el cuerpo humano también debe prepararse suficientemente, por razones de rendimiento y de salud, antes de ser sometido a una gran carga. Mediante el calentamiento adecuado, además de producirse un “calentamiento” central, se activan muchos mecanismos importantes (ver Tabla C-19). Se produce entre otros fenómenos un aporte de productos metabólicos más rápido, mejoran las condiciones de trabajo para las enzimas reparadoras, aumenta la capacidad para soportar carga de las articulaciones, se acelera la conducción de estímulos, aumenta la elasticidad y también lo hace el máximo de fuerza producible. Hennig demostró un aumento de la potencia de salto vertical del 6% después del calentamiento (Hennig 1994).

La frecuencia y gravedad de las caídas sufridas esquiando (en el descenso), por ej., sin haber calentado previamente, son mucho mayores que cuando se ha efectuado un calentamiento previo. Es típico que después de esperar en la cola y realizar el ascenso con el remontador el esquiador se haya enfriado de nuevo; por esto aconsejamos a los esquiadores que realicen algunos ejercicios de calentamiento justo antes de cada descenso, por ej. flexiones de “rodillas”, “elevaciones de piernas” y “rotaciones de tronco”.

A veces se cuestiona la importancia del calentamiento argumentando que los

animales por ej. no calientan y son capaces de producir una potencia enorme en muy poco tiempo (cuando huyen por ej. del peligro). Pero esto no es un informe en contra del calentamiento, sino que muestra justamente la gran influencia que tiene la “motivación”. Si aparecen situaciones de peligro espontáneamente se necesita la existencia de reacciones de

protección y de huida muy rápidas que la naturaleza ha previsto con mecanismos muy rápidos. En estas situaciones se produce una secreción espontánea de hormonas del estrés como la adrenalina y un aumento importante de la frecuencia cardíaca, factores que posibilitan la consecución de un rendimiento máximo y rápido. Todos hemos experimentado

Tabla C-19 Algunos efectos importantes del calentamiento

Efectos del calentamiento (de: Freiwald 1991)	
1. Aumento de la temperatura corporal	El sistema de enzimas esencial para el rendimiento deportivo se encuentra a su temperatura de trabajo ideal a 38,5 °C de temperatura corporal
2. Estimulación del sistema circulatorio	<ul style="list-style-type: none">• Aumento de la frecuencia cardíaca• Aumento de la presión arterial• Aumento de la irrigación muscular• Aumento del volumen minuto respiratorio
3. Cambios hormonales	Aumenta la secreción de hormonas estimulantes para la potencia como la adrenalina y el glucagón
4. Cambios musculares	<ul style="list-style-type: none">• Aumento del estado de tensión• Aumento de la velocidad de contracción• Mejora de la situación metabólica• Aumento de la actividad muscular y de los husos tendinosos• Reducción del riesgo de sufrir lesiones
5. Preparación de las estructuras pasivas	<ul style="list-style-type: none">• Aumenta la producción de líquido sinovial (a partir de >5 min. de calentamiento)• Mejora la irrigación del sistema articular• Aumento de la elasticidad y plasticidad de las fibras de colágeno• Aumento de la capacidad de resistencia ante la aplicación de estímulos mecánicos
6. Mejora de la conducción de los estímulos nerviosos	<ul style="list-style-type: none">• Mayor sensibilidad en los receptores• Aceleración de la conducción de estímulos• Mejora la coordinación
7. Mejora de las condiciones mentales	<ul style="list-style-type: none">• Mejora la percepción y el estado de alerta• Mejora la disposición para aprender y para rendir

alguna vez este estado y los deportistas lo producen mentalmente de forma consciente justo antes de una competición. Puesto que durante la práctica de la actividad deportiva cotidiana este estado no se produce y por tanto los mecanismos rápidos nombrados están ausentes, está indicado el calentamiento de forma general.

Práctica del calentamiento

Puesto que el entrenamiento de fuerza es un entrenamiento de todo el cuerpo, debemos diferenciar entre un **calentamiento global** y un **calentamiento local**. Mediante el entrenamiento global se pone el cuerpo a “temperatura de funcionamiento”, consiguiendo los efectos arriba mencionados. Pero si dentro del entrenamiento se trabajan diferentes regiones corporales, solicitando otros músculos o articulaciones, deberíamos prepararlas provocando por ejemplo una mayor producción de líquido sinovial a nivel local mediante el calentamiento de esta articulación.

Calentamiento global

Para el entrenamiento global se debe considerar las reglas siguientes en función de la situación, de los participantes y de la oferta de ejercicios:

- **La duración del calentamiento debe ser de un mínimo de 5 min y un máximo de 15 min.**

Será más larga:

- cuanto más baja sea la temperatura exterior
- cuanto mayor sea el practicante

– cuanto mayor sea el rendimiento individual

- En el entrenamiento se debe integrar **grandes grupos musculares** como los músculos extensores de la rodilla y de la cadera.
- Todos los ejercicios utilizados para el calentamiento ha de **proteger las articulaciones**.
- Procure introducir **ejercicios de calentamiento independientes del peso corporal** (por ej. ergómetro), especialmente en personas de gran peso.
- **Aumente de manera constante la resistencia de entrenamiento, por ej. cada 2 minutos**, durante el calentamiento.
- A medida que avance el calentamiento, el **pulso** se debe situar a nivel del **entrenamiento**.

Para calentar se puede realizar uno o más ejercicios consecutivos. En las instalaciones de fitness disponemos de ejercicios ideales como el ergómetro, el *Cross Trainer* o el *Power Walking*. Todos estos ejercicios cargan muy poco las articulaciones y no requieren grandes exigencias de coordinación. La escalada ligera o algunos movimientos sobre el *rebound* también son muy efectivos para el calentamiento y nos permitirán variar.

Después de realizar el entrenamiento global se puede efectuar movimientos de estiramiento (¡no *stretching*!) para la región corporal que vamos a trabajar primero. De esta manera se inicia el calentamiento global.

Tabla C-20 Algunos ejercicios de calentamiento muy beneficiosos

Calentamiento	Realización, ventajas
Ergómetro	Ejercicio de calentamiento ideal. Se puede llevar a cabo en sedestación o en bipesdestación (Recumbent); muy protector de las articulaciones; no depende del peso del cuerpo
Cross Trainer	También presenta muchas ventajas; muy protector de las articulaciones
Power walking	Caminar rápido sobre la cinta o sobre el terreno; fácil de realizar, se puede practicar en cualquier sitio, depende del peso corporal
Rebound	Ejercicios de marcha y de pequeños saltos sobre minitrampolines; protege las articulaciones; requiere una buena coordinación
Stepper	Según el tipo de construcción de que dispongamos puede comportar importantes cargas articulares para la rodilla y/o la cadera
Salto ligero	Procurar hacerlo sobre superficies blandas o con calzado amortiguador
Escalada suave	En paredes de escalada móviles o en forma de <i>boulderns</i> (escalada a muy poca altura); mantener una velocidad baja para el calentamiento; protege las articulaciones
Aparato de remo	Buen ejercicio global para el cuerpo, pero de difícil realización; no depende del peso del cuerpo

Calentamiento local

Se realiza cuando se empieza a entrenar cada una de las regiones corporales. A modo de ejemplo, para empezar con un ejercicio abdominal realizaríamos primero un calentamiento de la musculatura abdominal y de las articulaciones vertebrales y costales implicadas. Si continuamos con más ejercicios abdominales, no debemos calentar más. Si después del entrenamiento de la musculatura abdominal empezamos con el entrenamiento de los hombros, debemos efectuar también un calentamiento local breve previo de esta región.

El calentamiento local consta de **uno/dos movimientos articulares específicos** sin carga (por ej. en forma

de breves estiramientos) y de **una a tres series de entrenamiento en los primeros ejercicios para la región corporal nueva**. Cuanto más complejo sea el ejercicio, y más avanzado el deportista, más series de calentamiento local se debe realizar: el deportista de fitness realizará por ej. una serie de sentadillas y el deportista de competición tres. Elija como resistencia aprox. el 35%, entre el **25 y el 40% de la $F_{m\acute{a}x}$** , y realice **de 20 a 12 repeticiones**. Si no conoce la fuerza máxima elija un peso con el que pueda superar 20 repeticiones sin que le supongan un esfuerzo muy importante. Si su $F_{m\acute{a}x}$ en una máquina de tracción de poleas es 100 kg, debe elegir un peso de 35 kg con 15 ó 20

repeticiones. Todas las series de calentamiento local se realizarán a una velocidad regular. Tras la finalización de la(s) serie(s) de calentamiento se aumentará automáticamente la resistencia, creando una progresión fluida entre las resistencias de preparación, media y alta (la segunda serie de entrenamiento se podría realizar por ej. con el 60% y la tercera con el 80% de la fuerza máxima).

Tras algunas observaciones hemos visto que los practicantes (también los entrenadores) escogen **muchas veces pesos demasiado altos** para estas series de calentamiento local. En este sentido el **componente psicológico** tiene un papel muy importante, pues el practicante se ve sometido a una presión interna y externa por las expectativas creadas, que hacen que, por afán de demostrar lo que puede, aplique cargas más altas de lo que sería correcto aplicar fisiológicamente en esta fase de la preparación. La obtención de información precisa sobre el tema calentamiento y un buen acompañamiento al inicio del entrenamiento pueden proteger al practicante de esta falsa ambición.

10.2 Enfriamiento

Está bien realizar una fase de enfriamiento breve tras la finalización del entrenamiento, especialmente si el final del entrenamiento ha sido muy intenso. Realizar este enfriamiento produce una mejor eliminación de los productos metabólicos de desecho y una aceleración de los procesos de regeneración en

las regiones corporales trabajadas (ver Tabla C-21).

Práctica del enfriamiento

Para el enfriamiento utilizaremos ejercicios con poca carga corporal o que reduzcan la sollicitación. Para hacerlo disponemos de **dos métodos** en el entrenamiento de fuerza. En el primer método se practican **ejercicios de entrenamiento de fuerza para pequeños grupos musculares** al final del entrenamiento, como por ej. para los músculos de la CC, la región de la muñeca y el antebrazo o la región del pie y el tobillo. En el segundo método se aplican ejercicios **cardiovasculares suaves** después del entrenamiento, por ej. el ergómetro o el Power walking (cinta), reduciendo progresivamente la intensidad. La **duración del enfriamiento** es unos 5 min; transcurrido este tiempo el pulso debe alcanzar valores por debajo de 100. Si se lleva a cabo el enfriamiento con ejercicios cardiovasculares cada vez más suaves se debe ejercitar la última región corporal cargada con una o dos series de entrenamiento suaves.

Si hay **ejercicios de stretching** en el plan de entrenamiento del practicante, éstos se realizarán siempre al final del entrenamiento, después de la fase de enfriamiento. Realizar los ejercicios de *stretching* antes o durante el entrenamiento es muy contraproducente por la disminución de tono que provocan. Podemos encontrar amplias descripciones de ejercicios de *stretching* en la literatura.

Tabla C-21 Algunos efectos importantes del enfriamiento

Efectos del enfriamiento (de: Freiwald 1991)	
1.	Reducción "controlada" de la temperatura corporal
2.	Reducción controlada de todas las funciones corporales activadas para el rendimiento
3.	Recuperación de la actividad cardiocirculatoria normal
4.	Cambios musculares: <ul style="list-style-type: none">• Reducción de los productos de intercambio metabólico ácidos• Participación acelerada de los procesos de regeneración metabólicos
5.	Estructuras pasivas <ul style="list-style-type: none">• Eliminación de los productos metabólicos de desecho• Se consiguen condiciones óptimas para la regeneración articular
6.	Disminución de los procesos inflamatorios Disminuirán los posibles focos inflamatorios o de lesiones producidas por la rápida secreción y aporte de productos reparadores.

11 PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO EN EL TIEMPO

En este principio EF nos queremos dedicar a algunas cuestiones básicas respecto a la planificación de los entrenamientos. ¿Con qué frecuencia se debe entrenar? ¿Cuánto debe durar cada entrenamiento? ¿Cuál es el número ideal de series? ¿Cuánto deben durar las pausas entre series? ¿Qué secuencias de entrenamiento son correctas o cuáles son los estímulos de entrenamiento ideales? Las respuestas a estas preguntas no son el tema central del libro, por lo sólo daremos algunos detalles importantes al respecto; para más información consúltese la literatura especializada (por ej. Fleck 1997; Hatfield; o planes de entrenamiento de diversos deportistas de competición en las revistas especializadas).

11.1 Regularidad en el entrenamiento

Como para muchas otras cosas, en el entrenamiento de fuerza la regularidad también es condición básica para la obtención del éxito. Ocurre frecuentemente que los principiantes sobrevaloran lo que pueden conseguir con 1 ó 2 meses de entrenamiento con una frecuencia muy alta, y en cambio no valoran suficientemente lo que se puede conseguir con el entrenamiento de fuerza moderado pero regular a lo largo de uno o dos años.

En mis seminarios muchas veces me preguntan: ¿Sirve de algo entrenar una vez por semana? Sí, pero sólo si se hace regularmente durante un mínimo de 50 semanas al año. Hemos documentado aumentos de la fuerza en practicantes de fitness que habían entrenado regularmente una vez por semana durante dos años, con rendimientos de por ej. 80 kg de press de banca. Sí, es evidente que, si se

entrena regularmente dos o tres veces por semana, los resultados serán mejores.

La regularidad en el entrenamiento adquiere una **relevancia especial** para la **adaptación de las estructuras pasivas**. El cartílago, los tendones, los ligamentos, las fascias, las cápsulas articulares y los huesos reaccionan más lentamente ante el aumento de estímulos de resistencia en lo que respecta a su crecimiento. Si cuando se trata de músculos hablamos de semanas o de meses, cuando se trata de las estructuras pasivas debemos hablar de meses o de años. En estas estructuras, los primeros efectos provocados por el entrenamiento se observan al cabo de largo tiempo de entrenamiento (ver cap. A 5 y 6), como muy pronto al cabo de medio año siempre que haya existido constancia en el entrenamiento.

Dos trucos para evitar la irregularidad en los entrenamientos: a veces ocurre que de vez en cuando tenemos algo que hacer a la hora del entrenamiento o nos falla puntualmente la motivación. Proponga a su practicante la realización de un breve entrenamiento en estos casos, un entrenamiento de 10 ó 20 minutos con breves pausas. ¡Será suficiente! Esto basta para mantener su estado actual. Además, ¡a veces se tiene más ganas de entrenar cuando han transcurrido 15 minutos! Para los períodos vacacionales o para los viajes de negocios más largos le aconsejamos: en casi todas las regiones turísticas y en todas las ciudades del mundo, incluso en países menos desarrollados, encontrará posibi-

lidades de entrenamiento. Planee un entrenamiento de fuerza a medida de media hora de duración con una a tres sesiones semanales. De esta forma podrá mantener su rendimiento y evitará tener que empezar siempre de nuevo. Si realiza pausas largas en el entrenamiento, tendrá inconvenientes como reaparición de agujetas y el cansancio y la poca motivación del principiante, con el riesgo que ello comporta de interrumpir el entrenamiento.

Debido a que el déficit de resistencia es permanente, y vistos los efectos del entrenamiento de fuerza descritos en el capítulo A, el entrenamiento muscular diferenciado es una **actividad que debe acompañarle durante toda la vida** y que es muy fácil de practicar por la gran oferta existente y por el poco tiempo que requiere. Un entrenamiento con dos sesiones semanales de entre 30 y 45 minutos de duración le proporcionará una capacidad de potencia básica sólida.

11.2 Entrenamiento progresivo

El entrenamiento progresivo es la forma ideal para entrenar la fuerza (Fleck/Kraemer 1997). Como “inventor” de esta forma de entrenamiento progresivo se puede designar al griego *Milón de Kroton* (aprox. 500 a.C.). Cuenta la historia que cada día transportaba un ternero joven que no podía correr sobre los hombros. El animal iba ganando peso con el tiempo y finalmente ¡Milón era capaz de transportar un toro adulto! Con su fuerza fue invencible durante muchos años en la lucha olímpica.

En el entrenamiento progresivo se aumenta continuamente el estímulo de entrenamiento a medida que el músculo se fortalece. El principiante podrá ejecutar un ejercicio con 40 kg por ej. 8 veces, siendo 40 kg sus 8 RM. Tras realizar diversas unidades de entrenamiento podrá realizar el mismo ejercicio 12 veces, y ahora ya podría superar 50 kg 8 veces. Si continuara trabajando con 40 kg y 8 repeticiones no conseguiría ninguna mejora esencial. Para aumentar la potencia se debe adaptar la resistencia de entrenamiento, o sea, mantener sus 8 RM pero ahora con 50 kg.

¿A partir de qué momento se puede aumentar la resistencia? Siempre a partir del momento en que la técnica del ejercicio sea dominada de forma impecable por el practicante. Al aprender los diversos ejercicios, la prioridad más importante es la correcta ejecución de los ejercicios. Con el fin de que los principiantes aumenten rápidamente la magnitud de las resistencias, en los programas iniciales se debe integrar muchos ejercicios con máquinas, es decir, ejercicios que se pueden dominar rápidamente.

Incluso en salas de fitness con personas mayores o en el entrenamiento de la fuerza de rehabilitación se ha podido aumentar las resistencias tras una o dos semanas de entrenamiento (por ej. Fiatarone). En el ámbito del fitness también se debe procurar aumentar las resistencias una vez superada la correcta ejecución del ejercicio (ver cap. A y principio EF 2). Para deportistas más ambiciosos, además de aumentar las resistencias,

se debe aumentar también el volumen del entrenamiento. No se aconseja aumentar las resistencias o el volumen del entrenamiento de forma inconstante por el riesgo de lesionarse que esto conlleva; el triunfo se alcanza gracias a una cierta continuidad.

11.3 Estímulos de entrenamiento

Para conseguir los efectos del entrenamiento muscular diferenciado descritos en el capítulo A es necesario aplicar estímulos de entrenamiento de suficiente magnitud. Si son demasiado pequeños, es decir, si se encuentran por debajo del umbral, se conseguirán efectos mínimos o ninguno (ver fig. C-33). La aplicación de estímulos demasiado grandes determina un sobreentrenamiento, que comporta primero la reducción de la adaptación al entrenamiento, pero si se aplican estímulos todavía mayores, la limitación de la capacidad de regeneración se acaba convirtiendo en una reducción muscular. Si se aumentan todavía más los estímulos se producen primero pequeñas y más tarde grandes lesiones (como inflamaciones, esguinces, roturas). La tabla C-22 muestra cuándo son demasiado grandes los estímulos.

Para alcanzar nuestros objetivos de forma óptima (en el deporte de alto rendimiento) se debe entrenar a largo plazo a un nivel de estímulos adecuado (caso ideal: estímulo ideal). Si lo que se pretende es alcanzar rápidamente un objetivo moderado (mejora de la postura, aumento de la potencia, corrección de los problemas típicos de la sociedad moderna,

mejora de la figura corporal, duplicación de la fuerza, etc.) se debe entrenar también a un nivel de estímulos adecuado durante un tiempo determinado. Si en cambio lo que se pretende es alcanzar objetivos moderados en un período de tiempo más largo, una vez alcanzados debemos mantener los estímulos moderados a largo plazo. En el nivel de estímulo

los moderado ya se aplican magnitudes de resistencia medias y altas.

11.4 Tiempos de regeneración

Al realizar un entrenamiento de la fuerza que se encuentre por encima del umbral se producirán situaciones de estrés en el cuerpo. Se producirá una situación metabólica catabolizante, o sea,

Tabla C-22 Estímulos demasiado grandes y por tanto destructores

Factor	Desencadenante	Actuar en consecuencia
1. Carga demasiado alta , fuerzas, momentos de giro y cargas de empuje demasiado importantes	<ul style="list-style-type: none"> • Cargas demasiado altas en la vida cotidiana o por un entrenamiento incorrecto • Trabajo con brazos de palanca y con ángulos incorrectos con cargas supuestamente pequeñas (por ej. en algunos ejercicios con peso corporal) • Estabilización corporal incorrecta (propia o con elementos externos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica correcta • Calentamiento suficiente • Aumento lento de la resistencia de entrenamiento • Examinar las cargas del ejercicio y si es necesario efectuar cambios • Examinar el flujo de fuerzas en el ejercicio (ver principio EF 5)
2. Cargas demasiado rápidas . Energía cinética demasiado alta; se debe producir un gran trabajo de aceleración en muy poco tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecuciones demasiado dinámicas en el deporte • Accidentes • Déficit de amortiguación 	<ul style="list-style-type: none"> • Amplia formación de fibras FT • Mejorar las estructuras de amortiguación musculotendinosas • Mejorar la coordinación • Realización de movimientos regulares durante los ejercicios (ver principio EF 7)
3. Carga de demasiada duración . Sobrecarga y agotamiento constantes, déficit de regeneración	<ul style="list-style-type: none"> • Se ven muchas veces en el trabajo (posturas incorrectas mantenidas durante muchas horas) • Técnicas incorrectas en el entrenamiento de resistencia • Carga de las mismas estructuras durante demasiado tiempo mediante el entrenamiento de fuerza (combinación de ejercicios inadecuada) • Demasiadas horas de entrenamiento por semana 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptar ergonómicamente los puestos de trabajo • Analizar el tipo de deporte practicado • Mejorar la técnica • Entrenar los estabilizadores musculares y los antagonistas • Insertar interrupciones en el entrenamiento (pausas de nutrición) (por ej. disco intervertebral) • No sobrecargar las mismas estructuras

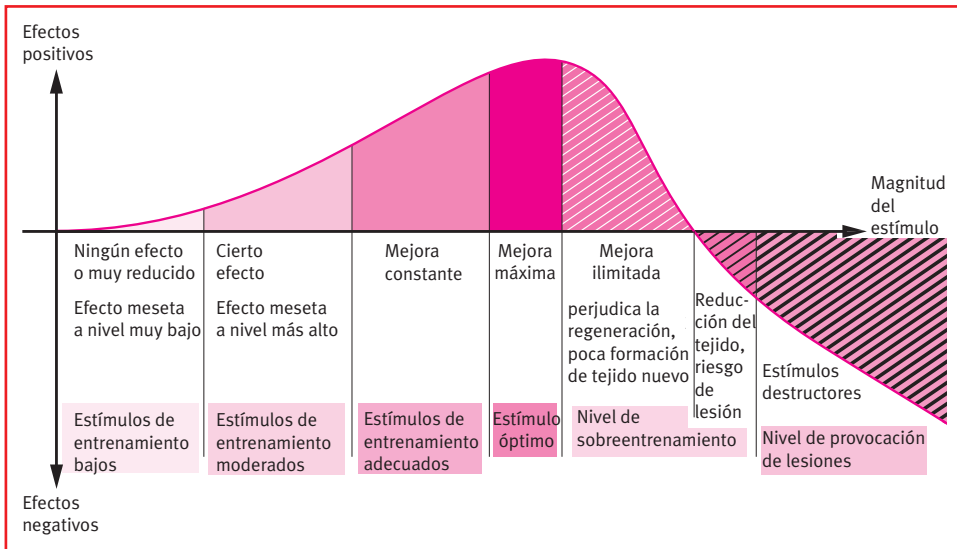


Figura C-33 Magnitudes de estímulo diferentes (dependiendo del estado de entrenamiento respectivo)

una destrucción de células de las estructuras musculares y de tejido conectivo en la que el grado de reducción se relaciona con la intensidad y la duración del entrenamiento. Desencadenado por la destrucción parcial de tejido, a este proceso se le añade una situación metabólica anabólica. *MacDougall* encontró por ej. un aumento del 50% de la tasa de síntesis de proteínas musculares a las 4 horas de finalización del entrenamiento de fuerza intenso que aumentaba hasta el 100% dentro de las 24 horas posteriores al entrenamiento. Hasta transcurridas 36 horas el valor no retornaba a unos valores similares a los iniciales (*MacDougall* 1995).

El cuerpo repara microrroturas, llena sus reservas energéticas, renueva las estructuras destruidas y “sobrecompen-

sa” el grado de destrucción con una formación muy superior a la del valor de partida, para estar “mejor” preparado para la próxima carga esperada, o sea, para poder actuar de forma más económica y segura con esta gran carga. Cuando esta fase de formación ha alcanzado su punto máximo –regeneración + amplia formación de tejido (supercompensación)– es el momento ideal para aplicar un nuevo estímulo de entrenamiento (ver fig. C-34).

Si el nuevo estímulo de entrenamiento se aplica demasiado temprano, se provoca un sobreentrenamiento (ver fig. C-33) y, si se aplica demasiado tarde, ya no se puede utilizar el efecto de supercompensación –nos quedamos en el *steady state*–. El conocimiento de los tiempos de regeneración es pues extremada-

mente importante para la planificación del entrenamiento, pero de forma general es muy difícil determinarlos, pues dependen de muchos parámetros externos e individuales (ver Tabla C-23) y evidentemente también de la genética individual. Aquí nos referiremos al tiempo de regeneración como al período de tiempo de regeneración mínimo más la supercompensación (ver fig. C-34).

A modo de aproximación podemos clasificar los grupos musculares en tres “grupos de recuperación” con períodos de recuperación que van desde 24 hasta 96 horas (ver Tabla C-24). Se aconseja a los practicantes de deporte intensivo y a los deportistas de competición anotar los tiempos de regeneración de cada región corporal mediante la utilización de un diario de entrenamiento individual.

Evidentemente, factores como la alimentación, las fases de sueño profundo,

las aplicaciones de calor o la ejecución de un entrenamiento de resistencia moderado influyen positivamente en el tiempo de regeneración.

11.5 Ritmo de entrenamiento semanal

¿Cuántas unidades de EF se debe o se puede realizar por semana? Como ya hemos explicado antes, con un EF de una sesión semanal regularmente ya es posible conseguir ciertos efectos. Para el ámbito del fitness es ideal una frecuencia de entrenamiento de 2 ó 3 veces por semana. A partir de 4 sesiones semanales de EF empieza el entrenamiento de alto rendimiento.

Entrenamiento 2 veces por semana

Ésta es la frecuencia de entrenamiento ideal para los principiantes y para los deportistas de fitness clásico. En cuanto a los tiempos de regeneración solamente se

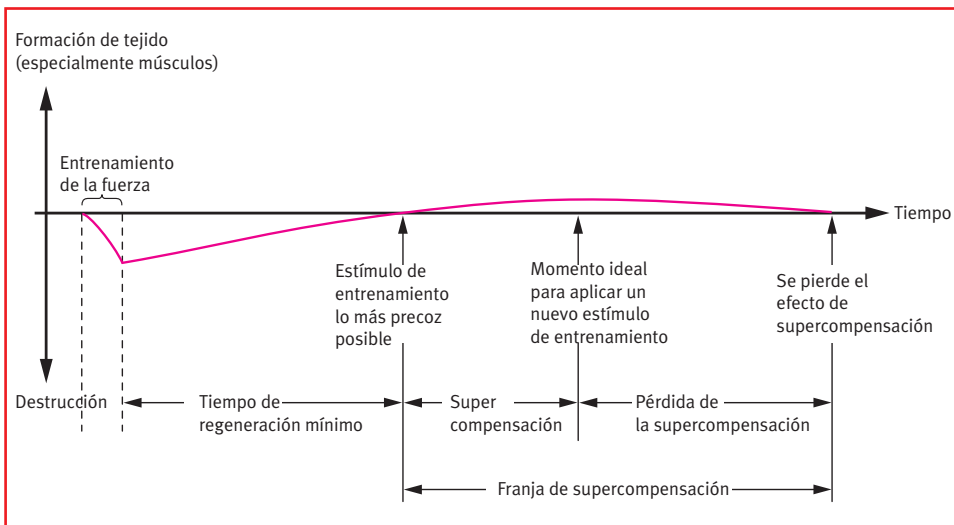


Figura C-34 Períodos de regeneración tras el entrenamiento de fuerza

Tabla C-23 Factores influyentes en el tiempo de regeneración individual

El tiempo de regeneración individual será más largo:	
•	Cuanto mayor sea el grupo muscular solicitado
•	Cuanto mayor sea el practicante
•	Cuanto más entrenamiento excéntrico haya realizado; cuantas más repeticiones negativas realizadas
•	Cuanto más grande esté formado cada músculo individual
•	Cuanto menos frecuente sea la realización de un ejercicio determinado
•	Cuanto más intenso haya sido el entrenamiento (mayores resistencias, más series y ejercicios, series más agotadoras)
•	Cuanto más amplitud articular se haya realizado
•	Cuanta menos capilarizado esté el músculo correspondiente (->necesidad de un entrenamiento de resistencia básico o de los elementos de resistencia de la fuerza correspondientes)
•	Cuanto más contenido porcentual en fibras FT tenga el diámetro transversal del músculo

debe tener en cuenta que existan al menos dos días de recuperación entre las dos sesiones, entrenar por ej. el lunes y el jueves. De este modo, con 72 horas queda garantizado el tiempo de recuperación mínimo de todos los músculos y evitaremos un sobreentrenamiento.

Entrenamiento 3 veces por semana

Entrenando 3 veces por semana el deportista tiene básicamente dos posibilidades:

1. Practica el **sistema split** cada día de entrenamiento, o sea, entrena la mitad

de los grupos musculares un día y la otra mitad en la sesión siguiente. Con este sistema cada músculo es entrenado 3 veces en 14 días.

2. Entrena dos días con el sistema *split* y el tercer día efectúa un entrenamiento global del cuerpo con la mitad de series musculares. Esto significa que, si se había hecho un total de 10 series para la espalda en el día de entrenamiento con el sistema *split*, el tercer día debería ejecutar un máximo de 5 series para la espalda.

Entre los días de entrenamiento se

Recuperación rápida	Abdominales Extensores del tronco Pierna	24 a 36 horas
Recuperación media	Hombros Brazos Pecho	36 a 72 horas
Recuperación lenta	Espalda Cadera Muslo	48 a 96 horas

Tabla C-24 Tiempos de regeneración medios de cada grupo muscular

debe respetar como mínimo un día de pausa, o sea, entrenar por ej. lunes, miércoles y viernes.

Entrenamiento 4 veces por semana

En este caso se ha establecido como variante de entrenamiento ideal el **sistema *split*** clásico. Cada músculo es entrenado dos veces por semana, con excepción de los de recuperación rápida, que se pueden integrar en el programa de entrenamiento 3 o incluso 4 veces por semana. Solamente se debe considerar no entrenar más de dos días seguidos, entrenar por ej. lunes, martes, jueves y sábado. Entrenando 4 días a la semana se consigue un aprovechamiento ideal de la supercompensación. Los tiempos de regeneración son suficientes y el estímulo de entrenamiento se aplica en el momento adecuado en el que el músculo se encuentra máximamente receptivo a un nuevo estímulo.

Deportistas de alto rendimiento (6 veces por semana)

Para los deportistas de alto rendimiento no es aconsejable utilizar un sistema *split* rígido, pues se puede producir un sobreentrenamiento constante con los temidos inconvenientes que esto conlleva, como son la aparición de lesiones y la destrucción muscular. A continuación presentamos una tabla de planificación diaria para 14 días a modo de ejemplo, en la que se muestra qué grupos musculares se pueden combinar entre sí. Algunos grupos musculares sólo se entrenan con gran intensidad 3 veces en

14 días. Se puede introducir otros grupos musculares según cada plan individual.

Períodos de preparación para la competición

Para este grupo no podemos ofrecer indicaciones, pues la preparación para la competición depende mucho de la disciplina deportiva practicada y presenta muchas variantes y combinaciones posibles en el EF. Además, en este caso, el componente individual es decisivo. Es imprescindible llevar un control preciso en un diario de entrenamiento. En este grupo se utiliza frecuentemente el sistema de doble *split*, según el cual se entrena dos veces al día, o sea, el contenido del entrenamiento (ver Tabla C-25) es dividido en dos partes del día, por la mañana y por la tarde.

Combinación del EF con otras disciplinas deportivas

Si se practica otro deporte junto con el entrenamiento de fuerza, hay que tener en cuenta los grupos musculares trabajados en esta disciplina a la hora de planificar el EF. Ejemplo: si ha realizado hoy un entrenamiento intensivo en bicicleta a gran velocidad o con grandes ascensos, debe evitar entrenar la piernas de forma intensiva en las próximas 48 horas.

11.6 Duración de una unidad de entrenamiento

¿Cuánto debe o puede durar una unidad de EF? Las siguientes indicaciones

Tabla C-25 Tiempos de entrenamiento de los diferentes grupos musculares durante 14 días teniendo en consideración los diferentes tiempos de regeneración a razón de 6 días de entrenamiento por semana

Grupo muscular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Abdominales	x	x	x		x		x	x		x			x	x
Extensores del tronco	x		x		x		x	x		x		x		x
Espalda	x				x				x			x		
Hombros		x			x			x				x		
Pecho			x			x			x				x	
Brazos			x				x			x			x	
Cadera		x				x				x				x
Muslos		x				x				x				x
Piernas	x		x		x		x	x	x			x	x	

de tiempos hacen referencia solamente al tiempo de EF puro, es decir, el calentamiento global o las posibles unidades de estiramiento o de cardio no están incluidas.

La duración ideal de los entrenamientos se sitúa entre 30 y 60 minutos. Pero la práctica de unidades de entrenamiento más cortas (de 10 a 30 min) también es efectiva en, especial si únicamente se quiere entrenar ciertas regiones corporales (focalización) o si se trata de establecer un estímulo de mantenimiento para las estructuras articulares y musculares ya fortalecidas. Para alcanzar los múltiples efectos del EF (cap. A) y para el mantenimiento de la fuerza a largo plazo, también tras la reducción o incluso interrupción del EF, es necesario mantener un cierto volumen de entrenamiento, como lo documentan de forma impresionante diversos estudios realizados a largo plazo (entre otros Dudley, y Hather).

Según la duración y las pausas de las series se puede realizar:

- De **10 a 20 series de entrenamiento** en **30 minutos** de EF y
- De **20 a 40 series de entrenamiento** en **60 minutos** de EF,

a tenor de los objetivos individuales planteados, y distribuidos entre todas las regiones corporales y entre los diferentes ejercicios.

La realización de unidades de entrenamiento de más de 60 minutos entra ya en el ámbito del deporte de alto rendimiento con requerimientos fisiológicos y mentales muy importantes. Más de 2 horas de entrenamiento de fuerza al día sólo se practican cuando se trata de culturistas en la fase previa a la competición y hay que tener en cuenta que en esta situación aumenta constantemente el riesgo de sufrir lesiones.

11.7 Número de series

El número de series para realizar en cada entrenamiento se determina, como ya hemos dicho, en función de la duración del entrenamiento, la duración de las

pausas entre series y la intensidad del entrenamiento. A la pregunta ¿cuántas series por cada grupo muscular, cuántas por ejercicio? se debe responder de forma distinta según los objetivos planteados, el estatus individual y el volumen de entrenamiento semanal.

Existen prioridades individuales; para algunas zonas corporales se debe efectuar un mayor número de series, siempre considerando el estado de entrenamiento individual para evitar un posible sobreentrenamiento. Si no se han planteado objetivos individuales específicos se aconseja distribuir el número de series de forma regular en función de la especificidad del volumen muscular. Tomemos el ejemplo de un practicante avanzado que realice 30 series por unidad de EF; la distribución de series a razón de 2 sesiones semanales de entrenamiento sería la siguiente:

- 4 series Abdominales
- 3 series Extensores del tronco
- 5 series Espalda
- 3 series Pecho
- 3 series Hombros
- 4 series Brazos

- 6 series Zona de muslos y caderas
- 2 series Piernas

La primera serie de cada uno de los grupos musculares corresponde a la serie de calentamiento local (ver principio EF 10). En el entrenamiento con el sistema *split* de un deportista de alto rendimiento que entren 4 veces por semana, con una duración igual de las unidades de entrenamiento, se distribuiría el mismo número de series en aprox. la mitad de los grupos musculares (ver Tabla C-26).

El número de series que se debe realizar en cada zona corporal se decide, según los principios EF descritos anteriormente, en función de criterios individuales como la progresión del entrenamiento, los objetivos planteados y la preferencia por un ejercicio determinado. En las tablas C-26 y C-27 se han expuesto ejemplos de variantes de ejercicios para realizar las 5 series de entrenamiento abdominal y las 9 series de entrenamiento de la espalda respectivas del programa expuesto.

Tabla C-26 Ejemplos de números de series que hay que realizar en un entrenamiento de 4 sesiones semanales de EF en el sistema *split*

Primer día		Segundo día	
5 series	Abdominales	3 series	Abdominales
3 series	Extensores de tronco	2 series	Extensores del tronco
9 series	Espalda	6 series	Hombros
6 series	Pecho	6 series	Brazos
4 series	Pantorrilla/zona del pie	12 series	Zona de caderas y muslos
3 series	Zonas especiales (por ej. CC, antebrazos, escápula, etc.)	1 serie	Zonas especiales

Tabla C-27 Ejemplo de la distribución de 5 series de entrenamiento abdominal en diferentes ejercicios

Primera variante	Segunda variante	Tercera variante
2 <i>crunches</i> funcionales	1 <i>crunch</i> funcional	2 <i>sit-ups</i> funcionales
2 ejercicios salam	1 <i>crunch</i> funcional con rotación	2 elevaciones de piernas con las rodillas estiradas
1 elevación de la pelvis	1 flexión lateral en posición tendida	1 elevación de la pelvis inclinada en la barra de dominadas
2 elevaciones de pelvis		

El volumen de entrenamiento óptimo en el ámbito del fitness se sitúa en 2 ó 3 unidades de entrenamiento semanales con la realización de 20 a 30 series. En el ámbito de la rehabilitación todo se adapta en función del área a rehabilitar, de si existe una buena percepción de esta área y de si se quiere implicar o no todo el cuerpo en el entrenamiento. En el deporte de alto rendimiento existe una banda muy amplia. He conocido a muchos campeones mundiales de halterofilia y culturismo y he analizado sus entrena-

mientos. La amplitud del entrenamiento de estos atletas varía considerablemente. Se trata sencillamente de aprender a conocer con el tiempo las propias necesidades de entrenamiento y el propio potencial (diario de entrenamiento) e intentar llegar al máximo progresivamente estableciendo un programa de entrenamiento. La creación de estos programas es un proceso que fluye constantemente; lo que tal vez sea muy efectivo hoy puede ser ineficaz mañana; el cuerpo necesita siempre nuevos estímulos.

Tabla C-28 Ejemplo de la distribución de 9 series de entrenamiento de la espalda en diferentes ejercicios

Primera variante	Segunda variante	Tercera variante
3 jalones con polea	2 jalones con polea	3 <i>sit-ups</i> funcionales
3 remo sentado con polea	3 remos con mancuernas	2 elevaciones de piernas con las rodillas estiradas
2 aberturas posteriores	2 remo sentado en máquina	2 Elevaciones de la pelvis inclinadas en la barra de dominadas
	2 elevaciones laterales de brazos a 90 ° con mancuernas	1 prensa posterior
		1 extensión en poleas con los brazos extendidos

Tabla C-29 Ventajas del entrenamiento diferenciado con diversas series respecto al entrenamiento con una serie

Ventajas del entrenamiento con diversas series respecto al entrenamiento con una serie
• Aumento considerable de la fuerza (entre otros Sanborn 1998)
• Aumento de la sección transversal del músculo
• Mantenimiento durante más tiempo de los valores de fuerza alcanzados durante las pausas o interrupciones del entrenamiento (Dudley 1991 y Hather 1991)
• Aumento de la secreciones hormonales (Gotshalk 1997)
• Valores de velocidad mayores (Stowers 1983; Sanborn 1998)
• Valores de fuerza de resistencia mayores (McGee 1992)
• Presencia de más estímulos de coordinación
• Movilidad más rendible
• Mejora considerable de la adaptación de las estructuras pasivas, especialmente: <ul style="list-style-type: none">– formación ósea más diferenciada y más amplia (Granhed 1991)– fortalecimiento diferenciado de las cápsulas articulares– presencia de estímulos de cambio y de compresión con variación– biomecánica para las células cartilaginosas– fortalecimiento diferenciado de las fascias relevantes
• Mejora del efecto de capilarización local
• Aceleración del proceso de eliminación de la grasa corporal porcentual (Marx 1998)

Encontrará indicaciones especiales para niños y jóvenes en el principio EF 12.

El **entrenamiento de una serie** con un número de series total de 8 a 12 es una buena variante de entrenamiento para tiempos de entrenamiento de 10 a 20 minutos, para variar y para organizar por ej. un circuito de entrenamiento. Pero el **entrenamiento con diversas series** es mucho mejor desde muchos puntos de vista (Gottlob 1999); Schlumberger/Schmidtbleicher 1999).

Esto es así esencialmente porque el volumen de entrenamiento, las posibili-

dades de geometrías de carga y la variedad de magnitudes y calidades de carga son demasiado reducidas en el entrenamiento de una serie. Éste es el motivo por el que esta forma de entrenamiento no ha ganado terreno ni en el deporte de alto rendimiento, ni en el ámbito de la rehabilitación, ni en el ámbito deportivo general.

Detrás de algunas instalaciones de fitness que ofrecen *exclusivamente* entrenamiento de una serie encontramos en primera línea móviles económicos en el sentido de rentabilizar al máximo la superficie de entrenamiento y de una limitación

de los socios bajo el lema “menos es más”.

11.8 Repeticiones

Las resistencias utilizadas determinan naturalmente el número de repeticiones posibles a realizar por serie (ver principio EF 2). Las series se han de realizar hasta el agotamiento, a excepción de la serie de calentamiento local. Al respecto les proporcionamos la siguiente fórmula: si es capaz de realizar 10 repeticiones con una resistencia determinada, esta serie habrá sido de suficiente intensidad si, primero, ha sido capaz de realizar todas las repeticiones correctamente y, segundo, la repetición número 10 ha requerido tanto esfuerzo que podría posiblemente realizar con mucho esfuerzo otra repetición, pero en ningún caso sería capaz de realizar la número 12.

En el entrenamiento hay que introducir las series siguientes:

- Series de 3 a 6 repeticiones
- Series de 6 a 12 repeticiones
- Series de más de 20 repeticiones

Según los objetivos establecidos (ver fig. C-3) la mayoría de las series se deben situar en los respectivos grupos de resistencia y de repetición.

11.9 Entrenamiento piramidal

En esta forma de entrenamiento muy usada y muy efectiva la resistencia se aumenta en cada serie, siendo punto central del número de series global las resistencias máximas elegidas. En la realización de 3 series de un ejercicio, la pri-

mera serie podría ser una serie de calentamiento local con aprox. el 50% de la $F_{máx.}$ la segunda con el 70% de la $F_{máx.}$ y la tercera con el 85 al 90% de la $F_{máx.}$ Lo que importa es no planificar dos o tres series idénticas dentro de un grupo muscular o de un ejercicio (se harán excepciones en el deporte de alto rendimiento), y aumentar progresivamente la resistencia de serie en serie. También se puede realizar una pirámide de resistencias con una serie de resistencia de la fuerza de por ej 30 RM. La pirámide de entrenamiento típica a la que nos referimos es corta, con grandes escalones, con una base alta y ancha y sin ninguna cara de descenso o con un solo escalón.

11.10 Pausas entre series

Las **pausas entre las series de entrenamiento** deben ser como mínimo de 30 segundos y cómo máximo de 1 minuto; para los principiantes pueden ser de hasta 2 minutos en función de su condición. En el ámbito del fitness se acostumbra a realizar pausas demasiado largas. En la realización de series de entrenamiento intensivas –es decir, cuando la serie se realiza hasta el agotamiento local total– se necesitan pausas de 1 minuto o más, especialmente cuando están implicados grandes grupos musculares. Las pausas de 1 minuto y medio o incluso de hasta 5 minutos sólo son necesarias y aceptables en el deporte de alto rendimiento entre series con cargas muy altas, del 90 al 100% de la $F_{máx.}$, y/o en casos con un grado de agotamiento muy alto.

11.11 Entrenamiento con superseries

El **principio de superseries** representa una medida muy efectiva para el entrenamiento con poco tiempo y de mucha calidad. En este entrenamiento se combinan normalmente 2 y a veces 3 ó 4 ejercicios entre sí. Se aconseja realizar combinaciones de ejercicios entre grupos musculares antagonistas, pero también se puede efectuar otras combinaciones. El participante realiza una serie de entrenamiento y va hacia otro ejercicio, ejecuta allí también una serie de entrenamiento y vuelve al ejercicio anterior ahora con una resistencia más alta, etc. Las pausas entre series son aquí de 20 a 30 segundos, lo que comporta que la fase de recuperación para el grupo muscular respectivo sea de 1 minuto aprox. Las ventajas de este entrenamiento son evidentes. Se puede realizar un mayor número de series en muy poco tiempo, al mismo tiempo que se trabaja con fuerzas máximas. Además es posible conseguir cierto efecto cardiovascular: las mediciones de la frecuencia cardíaca (FC) efectuadas en un entrenamiento de fuerza de 50 minutos de duración con superseries dieron como resultado valores de FC de 110 a 140 lat/min. Evidentemente, para efectuar este entrenamiento es necesario disponer de cierta condición física.

Ejemplo:

Entrenamiento simple de antagonistas con superseries

Primera superserie:

- 1 serie de **ejercicio abdominal** (serie de calentamiento local)

- 1 serie de **ejercicio de extensores del tronco** (serie de calentamiento local)

Segunda superserie:

- 1 serie de ejercicio abdominal (más difícil)
- 1 serie de ejercicio de extensores del tronco (más difícil)

Tercera superserie:

- 1 serie de ejercicio abdominal (todavía más difícil)
- 1 serie de ejercicio de extensores del tronco (todavía más difícil)

Primera superserie:

- 1 serie de **ejercicio de espalda** (serie de calentamiento local)
- 1 serie de **ejercicio de pectorales** (serie de calentamiento local)

Segunda superserie:

- 1 serie de ejercicio de espalda (más difícil)
- Serie de ejercicio de pectorales (más difícil), etc.

11.12 Entrenamiento en circuito

En esta forma de entrenamiento se va de un ejercicio a otro realizando una serie en cada uno, al tiempo que se controla el tiempo tanto de las fases de entrenamiento como de las de cambio. Para el entrenamiento de fuerza en circuito sólo se puede utilizar los ejercicios que es posible empezar con relativa rapidez y que conjuntamente impliquen todos los grupos musculares. Respecto al control de tiempo –indicado por ej. con bandas luminosas (rojo = cambio, verde = entrenar) o por el entrenador–, la duración ideal de las fases de por ej. 30 segundos de entrenamiento y 30 segundos de cambio. Respecto a la cantidad de ejercicios lo ideal son de 10 a 16, colocando los ejercicios dentro del circuito de forma que se vayan alternando los grupos musculares trabajados. El circuito de entrena-

miento de fuerza tiene efectos cardiovasculares y se puede realizar en una o en dos secuencias, pudiendo iniciar el circuito con cualquiera de los ejercicios escogidos. El entrenamiento en circuito también requiere una condición física mínima.

11.13 Series intensivas

Las series intensivas son variaciones para los deportistas de alto rendimiento con el fin de establecer intensidades todavía más altas y con ello mayores estímulos para el aumento de la sección transversal del músculo en una serie determinada. Es necesaria la presencia de un compañero, pues el practicante realiza repeticiones hasta no poder más, y después todavía realiza las denominadas “repeticiones intensivas”. Tras las ejecución de la última repetición realizable, el compañero le sacará justo la cantidad de resistencia que permita al practicante, su estado de agotamiento y con la reducción de fuerza que esto implica, realizar todavía algunas repeticiones. Se harán así por ej. 15 repeticiones con una resistencia de 10 RM, 10 solo y 5 con la ayuda de un compañero.

11.14 Series negativas

Concebidas también para el deporte de alto rendimiento, en el entrenamiento negativo o también en el entrenamiento excéntrico se trabaja con resistencias de más del 100% de la $F_{m\acute{a}x}$. De nuevo el compañero debe ayudar a superar la resistencia en la fase concéntrica, como ocurre con la serie intensiva, y en la fase

de movimiento excéntrica el practicante deja la resistencia poco a poco con un desarrollo de la fuerza máximo de forma controlada.

12 ORGANIZACIÓN INDIVIDUAL DEL ENTRENAMIENTO

¿Cómo se debe organizar un entrenamiento muscular diferenciado? ¡Depende de cada practicante! Con la decisión de iniciar un entrenamiento de este tipo se debe fijar de forma precisa los objetivos que hay que alcanzar, considerar las posibles limitaciones corporales y conocer los antecedentes deportivos y los datos corporales en general. Los datos que se debe conocer son muchos, y en este sentido aquí podemos proporcionar sólo algunos datos que servirán para, junto con los principios EF y las especificaciones de las diferentes zonas corporales (para la columna vertebral ver cap. D), organizar de forma individual el entrenamiento de sus participantes. También se proporcionan las indicaciones especiales que hay que tener en cuenta en el entrenamiento con niños, jóvenes y personas mayores.

12.1 Entrenamiento de la fuerza para deportistas de fitness

Antes de empezar con el entrenamiento y siquiera antes de establecer un programa de entrenamiento individual, se debe conocer algunos aspectos individuales:

- Lo más importante es establecer el objetivo individual de cada persona.

¿Cuáles son los **objetivos primario** y **secundario** del principiante?

- ¿Existen **factores de riesgo** o **limitaciones corporales** de algún tipo?
 - reconocibles
 - comunicados durante la entrevista
 - resultantes de la anamnesis (historia clínica)
 - indicados médicamente (rehabilitación)
- ¿Cómo se debe valorar la **historia deportiva previa** y el **estado de rendimiento actual**?
- Algunos datos importantes son obtenibles en las **pruebas de admisión**:
 - **Estado cardiovascular** (FC en reposo, presión arterial, rendimiento cardíaco, etc.)
 - Breve **prueba postural** y, si es necesario, examen del **estado de las articulaciones**, por ej, de la cintura escapular
 - Examinar las posibles **dismetrias izquierda/derecha**
 - Examinar los **posibles acortamientos musculares**: isquiotibiales, recto femoral, gastrocnemio, porción superior del trapecio, elevador de la escápula
 - **Masa corporal** y porcentaje de masa corporal (con vistas a proporcionarle al practicante documentación objetiva respecto a los progresos conseguidos)
 - Algunos datos que se obtienen en la prueba de admisión no tienen relevancia práctica para la planificación del entrenamiento.

En el principio EF 11 ya se ha habla-

do de las amplitudes del entrenamiento. En la tabla C-30 se expone la estructuración de lo que podría ser un entrenamiento de fitness general.

Si se entrena más de dos veces por semana estaría bien separar el entrenamiento cardiovascular del entrenamiento de fuerza, incrementando a la vez la duración de ambos. Se podría efectuar por ej. el entrenamiento de fuerza lunes y jueves y en uno o más de los días restantes el entrenamiento cardiovascular (por ej. correr).

Según el aspecto que más nos interese trabajar, los programas variarán notablemente. Algunos de los objetivos más frecuentes planteados en las actividades de fitness son: mejorar la figura corporal, corregir diversas molestias como el dolor de espalda; mejorar la capacidad de ren-

Tabla C-30 Organización de un entrenamiento de fitness general de una hora de duración sin ningún objetivo especial

Unidad de entrenamiento	Duración
1. Calentamiento global	5-8 minutos
2. Movimientos articulares dinámicos	1-2 minutos
3. Entrenamiento muscular diferenciado	30-50 minutos
4. Entrenamiento cardiovascular (en caso de que esté previsto dentro del mismo entrenamiento)	15-30 minutos
5. Enfriamiento	3 minutos
6. Estiramiento (sólo si hay acortamientos)	2-5 minutos

dimiento general-estar en forma; ser más fuerte; buscar un punto de equilibrio con la actividad profesional; mejorar el rendimiento para la práctica de un deporte determinado, etc.

Entrenamiento de la figura

En el entrenamiento de la figura corporal se debe considerar los siguientes 3 parámetros:

1. Realizar un entrenamiento de fuerza regular e intensivo:
 - para modelar el cuerpo
 - aumentar el metabolismo basal
 - consumo energético en general
 - (diferenciación entre tejido graso intercelular y subcutáneo)
2. Alimentación correcta:
 - para obtener suficientes nutrientes
 - para regular las necesidades calóricas diarias
3. Efectuar algo de entrenamiento de la resistencia:
 - es otra forma de consumir energía mediante la actividad corporal, especialmente amplio aprovechamiento del metabolismo graso

En este libro no se puede ofrecer estructuraciones más detalladas de planes de entrenamiento por motivos de espacio.

En caso de existir algún tipo de afectación corporal se puede decidir, considerando los aspectos expuestos en los principios EF y con el conocimiento de las diferentes zonas corporales, la creación de un programa de entrenamiento efectivo.

Para la región de la columna vertebral encontrará información en el capítulo D. Las inserciones simplificadas como la del tema de los desequilibrios musculares son suficientes, pero no adecuadas para ser aplicadas sistemáticamente de forma rígida.

Información complementaria

Desequilibrios musculares

En los años 1990 se puso muy de moda el análisis corporal y de rendimiento individual según los desequilibrios musculares. Si se detectaba alguno, éste era directamente el responsable de todo tipo de dolor aparecido con el movimiento o de patologías del aparato locomotor de muchos tipos, e incluso se corregía “muscularmente” a los deportistas de alto rendimiento. La división de los músculos en tónicos y fásicos, acompañada por la afirmación general de que los músculos tónicos tienden a acortarse y los fásicos a debilitarse, nos ha conducido a examinar los músculos clasificados como tónicos en el paciente/deportista respecto a posibles acortamientos y a examinar los músculos clasificados como fásicos respecto a su posible debilidad. Los músculos reconocidos como “acortados” eran sometidos a un programa únicamente de estiramiento y sólo los músculos debilitados eran sometidos a una programa de fortalecimiento.

Pero ocurre que, por una parte, es inexacto dividir los músculos entre tónicos y fásicos de forma general, pues las diferencias individuales son demasiado considerables (ver cap. C 2.7). Y por otra parte se encontró que los músculos calificados de “acortados” también estaban mayoritariamente debilitados. En tercer lugar, las medidas de estiramiento propuestas –distintas– daban resultados muy modestos en comparación con los obtenidos con el entrenamiento de fuerza; éste, sin ningún tipo de medida de estiramiento intencionada, impresionaba por el éxito de sus resultados. Como hemos visto en el principio EF 3, depende de la amplitud del movimiento sobre la que actúen las resistencias. Se podría atribuir un equilibrio muscular a una persona muy móvil, pero su estabilidad articular podría ser todavía muy modesta. No es funcional el músculo estirado y alargado, sino el fuerte, el que puede producir fuerza en toda la amplitud de movimiento, y especialmente el que todavía puede hacer fuerza encontrándose en posición de tope articular (ver cap. A 3, 7 y 9). En cuarto lugar en la literatura se demostró que respecto a los desequilibrios musculares no se puede establecer una ley general para todas las personas. ¿Cuándo estamos ante un desequilibrio muscular? ¿Cuándo los isquiotibiales muestran sólo 70° en el test de acortamiento o cuándo existe un exceso de lordosis lumbar? En muchos deportistas los

“desequilibrios musculares” están determinados por el deporte practicado y, si se “corrigen”, disminuye considerablemente su capacidad de rendimiento. Cuando se ha sufrido una lesión se puede observar la aparición de posiciones antálgicas que representan un desequilibrio muscular que en cambio ha sido desarrollado temporalmente por el propio cuerpo. En este caso el desequilibrio no es la causa, sino la consecuencia de la lesión. ¡Si efectuamos una “corrección” precoz eliminaremos la función de protección! Después de la curación se deben aplicar sólo estímulos de coordinación para “reescribir” el programa postural antálgico de protección con nuevos patrones de movimiento.

Seguro que la prueba de acortamiento de algunos grupos musculares tiene mucho sentido. La “rigidez de la cotidianeidad”, con estímulos de carga mayoritariamente isométricos, puede haberlos producido. Pero debemos actuar en consecuencia. Ante el acortamiento de un músculo, lo mejor es aplicar el entrenamiento muscular diferenciado practicando únicamente ejercicios con amplitudes articulares completas. Evidentemente también se debe entrenar la fuerza de los antagonistas musculares y por último también se puede programar una unidad de estiramiento para el músculo acortado al finalizar el entrenamiento y durante un tiempo determinado. En este contexto se debe poner la atención en los desequilibrios dere-

cha/izquierda en el entrenamiento de la fuerza y en los diversos deportes (ver principio EF 6). Si reflexionamos sobre este tema, estaremos de acuerdo en que una amplia oferta de ejercicios exigentes con la coordinación también sería muy adecuada.

12.2 Entrenamiento de la fuerza para niños y jóvenes

El entrenamiento de fuerza bien pensado y bien dosificado no sólo no es problemático para el organismo de un niño o un joven, sino que además es muy aconsejable, e incluso muy necesario (ver cap. A). La cuestión que se plantea no es ¿a partir de cuándo podemos empezar con el entrenamiento de la fuerza?, pues este tipo de estímulos nos afecta desde los primeros meses de vida (ver cap. A), sino ¿cómo se puede/debe organizar y estructurar un entrenamiento muscular diferenciado para los diferentes grupos de edad?

De forma general podemos diferenciar 4 grupos de edad para los que hemos de estructurar diferentes entrenamientos: el entrenamiento con niños de 3 a 6 años, el de niños en edad escolar hasta la pubertad, el de jóvenes en la primera fase de la pubertad y el entrenamiento después de transcurrida esta primera fase (ver tabla C-31).

Niños de 3 a 6 años

Se debería procurar que los niños de estas edades desarrollaran su impulso natural de movimiento de forma natural y que la magnitud de las resistencias que

hay que superar fuera suficiente. Para que esto se cumpla se debe ofrecer múltiples estímulos motores, que están contenidos por ej. en parques de ocio con ejercicios de arrastrarse, escalar, colgarse, etc. o en forma de carrera de obstáculos. La práctica de juegos en los que se imagina como se conquista un “castillo de piratas” o jugar a arrastrarse por el suelo agarrándose a una cuerda, etc. sacian las ganas de jugar y divierten y por tanto se practicarán frecuentemente.

Examine ahora estas formas de movimiento según las reflexiones leídas hasta ahora en este libro, examine en qué posición actúan las resistencias, si se presentan posiciones forzadas, etc. Verá como de pronto se le ocurren una gran cantidad de ejercicios muy inteligentes, con cargas muy bien equilibradas y muy estimulantes que puede integrar jugando. Se deben considerar tanto las zonas del tronco, con los músculos abdominales y los

Tabla C-31 División de los grupos de edades para la estructuración de los entrenamientos

Grupos de edades importantes para el entrenamiento	
1. Edad Preescolar	De 3 a 6 años
2. Edad Escolar hasta prepuberal	Niñas: hasta los 11 a. aprox. Niños: hasta los 12 a. aprox.
3. Edad Fase puberal	Niñas: 11/12 a 13/14 a. Niños: 12/13 a 14/15 a.
4. Edad después de la primera fase de la pubertad	Niñas: a partir de 14/15 a. Niños: a partir de 15/16 a.

extensores del tronco, como las zonas de los hombros, la cadera y las rodillas.

Edad escolar y prepuberal

A partir de la edad escolar ya se puede introducir un programa de entrenamiento de fuerza clásico. Para los escolares en fase prepuberal se aconseja llevar a cabo un entrenamiento de fuerza con una frecuencia de una o dos veces por semana con sesiones de entrenamiento de 20 a 30 minutos de duración, (ver Tabla C-32)

Adolescentes – pubertad

Los jóvenes que se encuentran en la pubertad pueden aumentar estas frecuencias a dos o tres sesiones semanales de hasta 40 minutos de duración, teniendo en cuenta que en el primer año la duración de las unidades de entrenamiento no debe ser superior a los 30 minutos (ver Tabla C-32).

Después de la pubertad

Después de superar la primera fase de la pubertad (fase de crecimiento longitudinal) se puede aplicar volúmenes de entrenamiento similares a los del adulto bajo consideración de los respectivos tiempos de adaptación.

Motivación

De forma general en los niños se debe tener en cuenta que el entrenamiento de fuerza no se puede ni se debe imponer. Se debe imponer la motivación didáctica, enseñar a los niños a valorar el movimiento y la fuerza gana-

da, y animarles a participar en competiciones de su nivel. En estas competiciones no se exige la demostración de rendimientos muy altos, sino que más bien se valora el número de repeticiones. También es posible formar grupos que compitan entre sí, así como introducir elementos de juego y variar regularmente las secuencias de movimiento. La fantasía de un buen entrenador no tiene límites siempre que se atenga a los principios EF y a las especificaciones siguientes.

Condiciones específicas de entrenamiento

Además de los 12 principios EF se debe considerar específicamente los aspectos siguientes.

Condiciones biomecánicas

- La base de todo es una **técnica correcta**, evitando los falsos movimientos. Puesto que los niños tienen una gran capacidad para distraerse, es necesario que los niños realicen el entrenamiento bajo la supervisión de un monitor o de los padres instruidos.
- Las estructuras pasivas todavía se encuentran en proceso de crecimiento, y por tanto no pueden soportar tanta carga como las del adulto. En consecuencia, se debe efectuar un **aumento lento de la intensidad del entrenamiento** o de las cargas. Además hay que aplicar diferentes estímulos de entrenamiento en forma de ejercicios variados (ver

Tabla C-32 Parámetros de entrenamiento para jóvenes y niños de más de 6 años

Parámetros de entrenamiento	Prepubertad	Fase de la pubertad
1. Efectos del entrenamiento	<ul style="list-style-type: none">· De 1 a 2 veces por semana· Duración del entrenamiento: 20-30'	<ul style="list-style-type: none">· De 1 a 3 sesiones por semana· Duración del entrenamiento: 20-40'
2. Número de series	<ul style="list-style-type: none">· 1 ó 2 series para un grupo muscular pequeño· de 2 a 4 series para grupos musculares grandes	<ul style="list-style-type: none">· 1 ó 2 series para grupos musculares pequeños· de 3 a 5 series para grupos musculares grandes
3. Número de repeticiones	Mínimo 10 repeticiones por serie	Mínimo 8 repeticiones por serie
4. Resistencia	De 10 a 20 RM	De 8 a 15 RM
5. Velocidades	Ejecución lenta	Ejecución lenta
6. Duración de las pausas	Mínimo 1 min. de pausa entre series (excepción: entrenamiento en circuito)	Mínimo 45 seg. de pausa entre series (excepción: entrenamiento en circuito)
7. Seguridad	Control constante por parte de un adulto hasta que se haya aprendido bien; elegir los ejercicios de forma que no puedan ser peligrosos con una distracción	Control constante hasta que se den las condiciones de seguridad
8. Selección de los ejercicios	<ul style="list-style-type: none">· Se puede practicar casi todos los ejercicios· Buena aplicación de fuerzas elásticas· Ejercicios pluriarticulares· Se puede aplicar todos los ejercicios	<ul style="list-style-type: none">· Ejercicios de los músculos del tronco· Ejercicios para las extremidades

principio EF 1), con el fin de ofrecer estímulos de crecimiento para conseguir una mejora de las estructuras fisiológicas de los huesos, del cartílago, etc.

- Los ejercicios que comportan una **gran carga de compresión axial** para la columna vertebral son críticos y se los debe evitar cuando se pueda producir una desviación de la curvatura fisiológica de la CL durante su reali-

zación. Compruebe que ejercicios como la sentadilla, el press de hombros sobre la cabeza o el peso muerto se realicen correctamente. Se debe evitar la realización de ejercicios en bipedestación con cargas altas hasta el final de la pubertad.

- En ejercicios realizados con las manos, como son el press de pecho o el de tríceps, no se debe **doblar las muñecas** (riesgo de sobrecarga).

- Los ejercicios que comportan grandes exigencias de coordinación, como los realizados con barras, pueden ser aplicados ya durante la fase prepuberal, pues el aprendizaje de la **coordinación** es todavía más fácil en esta fase de desarrollo. Pero una limitación importante para estos ejercicios es que se deben realizar con pesos muy ligeros y con gran lentitud. Para trabajar dinámicamente con masas libres, se requiere estructuras pasivas más sólidas y una musculatura estabilizadora y de sostén suficientemente desarrollada. Después de la pubertad y con una experiencia de entrenamiento de medio año como mínimo se puede empezar con el aumento de cargas normal.
- Las máquinas de entrenamiento casi siempre están pensadas solamente para adultos (pero existen algunos fabricantes de máquinas de entrenamiento para niños). En consecuencia, para todos los ejercicios propuestos con máquinas, **deberá comprobar que la máquina en cuestión se pueda ajustar a la proporción del niño.**

Muchas veces se puede conseguir la posición ideal utilizando cojines, colchonetas u otros materiales.

- En adolescentes se debe comprobar, como máximo cada 3 meses, que los **ajustes de las máquinas** sean correctos, pues el **crecimiento corporal** (crecimiento medio anual de hasta 10 cm) en esta fase es muy importante y puede que se deba cambiar, aquéllos.
- Además de programar ejercicios de los grandes grupos musculares, también se deben escoger **ejercicios para los músculos del tronco** como los extensores del tronco, los abdominales y los extensores de la cadera, así como ejercicios para los **estabilizadores articulares** más importantes, como son el manguito de los rotadores, la musculatura de la escápula y los estabilizadores de la rodilla y la cadera.

Condiciones para la organización del entrenamiento

- Los niños y adolescentes necesitan **tiempos de carga más cortos y tiempos de reposo más largos** que los adultos (Weineck 1996). Si no, se puede producir agotamiento y dolor que provocarán desequilibrios musculares.
- Se debe alternar **diferentes formas de organización** del entrenamiento de fuerza con el objetivo de permitir diferentes adaptaciones de los tejidos y teniendo en cuenta también al sistema cardiovascular.
- En la fase prepuberal **no se puede trabajar con cargas máximas**, por lo que siempre se debe escoger el ejercicio y el peso de forma que sea posible realizar ¡como mínimo cinco repeticiones por serie!
- En el entrenamiento con máquinas también se debe procurar que el aumento de **los pesos no sea demasiado repentino**. Los aumentos de peso indicados para los adultos son

demasiado grandes para los niños. En el caso de los jalones con poleas, puede que un niño consiga 8 repeticiones con 10 kg de peso, el aumento directamente a 20 kg (con placas de graduación de 10 kg) es demasiado grande. En estos casos hemos de utilizar pesos de adaptación (algunos ya vienen integrados en las máquinas), escoger otro ejercicio o ayudar al practicante. El principio del entrenamiento progresivo también es válido para los niños y evidentemente y de forma especial para los adolescentes.

- **No agote nunca a los niños**, pues esto provoca la acumulación masiva local de lactato, lo que produce, por un lado, una prolongación considerable de los tiempos de regeneración y, por otro, un aumento de secreción de hormonas del estrés, entre otras de la dopamina, con un efecto directo sobre el SNC y efectos perjudiciales para el desarrollo de algunas áreas del cerebro (Liesen 1997).
- Puesto que se incrementa el metabolismo de crecimiento (fase de crecimiento), en los niños las necesidades de nutrientes, minerales y vitaminas están aumentadas. De forma especial crece el consumo proteico diario, que puede llegar a ser hasta de 2,5 g/kg de peso (Weineck 1996). Se debe cubrir estas necesidades, en especial si el entrenamiento de la fuerza se practica regularmente.
- Entrenamiento específico para un deporte: con el entrenamiento de la fuerza se puede garantizar tanto la



Figura C-35 Niños entrenando

capacidad de rendimiento para otra disciplina deportiva como una absorción de las cargas favorable. Además del entrenamiento de los grupos musculares específicos de un deporte, se debe conseguir también el desarrollo regular del conjunto de los músculos esqueléticos para mantener el cuerpo en forma.

- La práctica del deporte es aconsejable en todas las edades, y el deporte intensivo y regular es ideal. El **deporte de competición y de alto rendimiento** actual requiere un rendimiento tan alto que obliga a la práctica de intensidades de entrenamiento muy grandes que acaban comportando forzosamente la aparición de lesiones y de desgaste corporal. Se debe reflexionar antes de iniciar una carrera deportiva de competición a alto nivel, sobre todo cuando se empieza muy

joven. Si ya se ha tomado la decisión de competir se debe hacer todo lo posible para el mantenimiento de la salud y para la vida que vendrá después de esta carrera. Por todas estas razones, el entrenamiento de fuerza puede ser de gran ayuda.

Piense siempre en lo siguiente: cada persona tiene un cuerpo que le va a durar toda la vida, cada persona es responsable de su capacidad funcional y debe vivir solo con todas las consecuencias: ¡no se puede cambiar!

Instalaciones para el entrenamiento de fuerza para niños y adolescentes

Instalaciones de fitness

Para el entrenamiento en instalaciones de fitness se exige casi siempre una edad mínima de 14 a 18 años. Esto es así por diversos factores: la falta de monitores, la falta de material adaptado a los niños y razones de organización e incluso de responsabilidad civil. Pero esto significa que en la mayoría de los casos las instalaciones de fitness solamente están a la disposición del 4º grupo de edad. También hay algunas instalaciones y clubs que ofrecen un entrenamiento de fuerza especial para adolescentes o para niños con monitores o que permiten que los niños participen acompañados por los padres.

Clubs deportivos

A los clubs deportivos en los que los niños practican deportes de forma intensa, les aconsejaría que ofrecieran un

espacio para el entrenamiento de la fuerza funcional y adaptado a los niños y que integraran el entrenamiento muscular diferenciado en sus programas. Si el club no ofrece esta posibilidad, se deberá tomar medidas individuales.

Escuela

Las clases de deporte o de educación física clásicas de las escuelas continúan ofreciendo un equilibrio corporal y estimulan el organismo, pero, primero, los tiempos reales de entrenamiento por niño por semana son insuficientes; segundo, en estas clases no se aplican los estímulos adecuados para alcanzar un desarrollo corporal fuerte y saludable. Tercero, este joven cuerpo se ve sometido, por la práctica de determinados deportes, a cargas que muchas veces no son fisiológicas. La frecuente argumentación de que sólo se trabaja con el peso del cuerpo no hace más que demostrar el desconocimiento de las relaciones de fuerza dinámicas y estáticas existentes. En el ejercicio típico de “hacer el carro” por ej., las palancas son muy poco favorables y la dinámica es muy alta, y se crean cargas tan grandes en las articulaciones del hombro que se pueden producir sobreestimulaciones y hasta lesiones. Al saltar por encima de una caja, al saltar el potro o en los ejercicios del oso, los impulsos que experimenta aquí el cuerpo producen grandes puntos de carga máxima. Estos puntos podrían ser compensados por una fuerte musculatura y una buena técnica de forma que se consiguiera cerrar el flujo de fuerzas fisiológicamente. Pero la adquisición de

una buena técnica requiere años de entrenamiento, y el único sistema que podría ayudar en estos años, el del músculo esquelético, ¡está completamente subdesarrollado!

En este sentido, para las escuelas sería ideal ofrecer a los alumnos unidades de entrenamiento de la fuerza regularmente –adaptados a los diferentes grados de desarrollo–, tal como ya practican algunas escuelas aisladas en Alemania y muchas escuelas en los Estados Unidos. Está claro que esto implica disponer de un mínimo de material y el deportista debe dominar este tema, pero con toda

seguridad formará niños y adolescentes fuertes, conscientes e ilusionados. Los padres también han de proponer a sus escuelas la organización de grupos de entrenamiento de fuerza o, si es necesario, establecer ellos mismos grupos con tiempos de entrenamiento regulares.

Organizarse en casa

Si no tiene acceso a ninguna de las posibilidades planteadas, también se puede entrenar en casa, con algunas limitaciones. Con un equipo fundamental bien pensado, unas barras, bandas elásticas, un banco y una pequeña máquina de tracción se puede llevar a cabo un entrenamiento de fuerza muy sólido. Evidentemente esto implica la existencia de un conocimiento exacto de los ejercicios.



Figura C-36 a+ b

a) Hombre de 57 años en una serie de entrenamiento



b) Hombre de 78 años entrenando

12.3 Entrenamiento de fuerza para personas mayores

Tal como hemos expuesto en el capítulo A, los procedimientos de adaptación, al entrenamiento de fuerza no varían en función de la edad: una persona de 90 años reacciona de forma idéntica a estímulos de entrenamiento situados por encima del umbral que una persona de 20 años. Se produce así también un aumento de la fuerza, de la sección transversal del músculo y de la densidad ósea, una mejora de la estabilidad articular y especialmente de la motricidad cotidiana, la mejora del rendimiento y, en conjunto, una clara mejora de la calidad de vida.

Estos efectos profundos no se pueden conseguir simplemente con ejercicios de movimiento con resistencias de entrenamiento mínimas. Está claro que media

hora de paseo, la natación moderada o la participación en un grupo de gimnasia suave no le haran daño, y evidentemente estas actividades son mucho mejores que no hacer ningún tipo de actividad física, pero todas ellas no le permitirán obtener los efectos descritos (Klitgaard). El problema fundamental de la masa muscular flácida con todas las consecuencias en cuanto a la salud, la estabilidad y de rendimiento que ello comporta no se solucionará. En lugar de las posturas correctoras y de los ejercicios de pura movilidad, debemos trabajar con resistencias de entrenamiento más altas, con suficiente intensidad y con un aumento progresivo del entrenamiento. Sobre todo para personas mayores con limitaciones físicas, ¡el entrenamiento de la fuerza representa en casi todos los casos un nuevo elixir de vida! Pero evidentemente es necesario estar guiado por un buen profesional según las directrices del entrenamiento muscular diferenciado. Además de los 12 principios EF se debe considerar otras especificaciones de entrenamiento que serán expuestas a continuación.

No se confunda usted pensando que se trata de “un entrenamiento de fuerza para personas mayores” con grupos homogéneos en los que los objetivos de entrenamiento, el punto de partida y la estructuración del entrenamiento sean iguales. Justamente debido a la edad de los participantes, los perfiles de rendimiento y estados corporales que nos encontramos son completamente diferentes, además de la individualidad de los objetivos a alcanzar. Por todo ello en



Figura C-37 Mujer de 68 años realizando jalones con polea con un compañero de entrenamiento de 73 años (Foto: Paul Nobbe).

estos grupos reconocemos todavía más diferencias individuales que en otros grupos de edad, lo que hace que sea totalmente imposible crear un modelo de entrenamiento estándar. Los parámetros decisivos para la planificación del entrenamiento serán el estado de salud del paciente, su condición física y, naturalmente, los objetivos individuales que se haya planteado, prioridad principal a considerar durante la planificación.

Debemos considerar individualmente las posibles limitaciones existentes para el entrenamiento. El pasado deportivo y las capacidades funcionales de una persona influyen decisivamente sobre la frecuencia y la progresión del entrenamiento. De forma general, para el entrenamiento con personas mayores, debe-

mos considerar los siguientes aspectos (ver Tabla C-34):

Las personas mayores que no han recibido la estimulación suficiente tienen un déficit especialmente en las zonas de las piernas y de la columna vertebral. Mediante un buen entrenamiento de fuerza de los músculos de las piernas (ver principio EF 6) se podría evitar muchas de las operaciones de prótesis de cadera que se realizan al año y la producción de un gran número de fracturas del cuello del fémur. Las cargas de flexión en el fémur se pueden reducir notablemente fortaleciendo las bandas musculares laterales y la estabilidad articular mejora ó trabajando los abductores y los rotadores de la cadera.

Tabla C-33 Parámetros importantes para la planificación del entrenamiento con personas mayores

<ul style="list-style-type: none">• Establecer los objetivos individuales, conocer los intereses de cada uno
<ul style="list-style-type: none">• Conocer las capacidades funcionales individuales
<ul style="list-style-type: none">• Conocer las posibles dolencias o patologías existentes
<ul style="list-style-type: none">• Pasado deportivo – condición física actual; <i>Israel</i> distingue 5 tipos de personas (<i>Israel</i> 1997):<ul style="list-style-type: none">- Personas que han practicado deporte durante toda su vida, orientados al deporte de competición- Personas que han practicado deporte durante toda su vida- Personas que se han reincorporado a la práctica deportiva tras una gran pausa- Deportistas principiantes- Deportistas ocasionales (riesgo de gran motivación y poca base)

El aumento del riesgo de caídas que presentan las personas mayores no tiene su origen sólo en la pérdida de la capacidad para equilibrarse, sino también en la existencia de unos estabilizadores del tobillo demasiado débiles que causan esta pérdida de equilibrio. Nos referimos en primera línea a los estabilizadores inferiores del tobillo, que son los responsables de compensar las posibles irregularidades del terreno y los desplazamientos del centro de gra-

Tabla C-34 Especificaciones para el entrenamiento con personas mayores

Especificaciones del EF para personas mayores	
1.	Antes de iniciar el entrenamiento se debe llevar a cabo una revisión médica , con la finalidad de excluir las posibles contraindicaciones y de obtener información relevante para la planificación del entrenamiento. Por ejemplo: en la persona que presente trombosis se debe evitar todos los ejercicios que puedan provocar “compresiones” vasculares, y en la persona que lleve prótesis se debe aplicar en primera línea ejercicios estabilizadores. El EF estará contraindicado solamente en unas pocas patologías, y aun en estos casos es válido el principio de que todo es cuestión de dosificación y la consideración de que la fuerza de la gravedad también actúa diariamente sobre nuestro cuerpo.
2.	Antes de empezar debemos llevar a cabo una prueba con anamnesis en función de la cual planificaremos el entrenamiento.
3.	En el entrenamiento debemos llevar un control regular de algunos aspectos. (Por ej. medir la presión arterial en hipertensos y no entrenar o hacerlo con muy baja intensidad si la presión diastólica es superior a 100 mm Hg)
4.	En el entrenamiento se debe realizar fases largas de calentamiento y de enfriamiento.
5.	Para frenar la importante reducción de fibras FT que se produce en esta edad es necesario trabajar con cargas altas y aumentarlas progresivamente.
6.	Al principio debemos practicar el entrenamiento con máquinas y con posiciones de trabajo muy estables.
7.	Desde el momento en que se haya conseguido cierta estabilidad corporal ya se podrá introducir ejercicios libres en el amplio campo del entrenamiento con barras. (La motricidad solamente mejorará con la práctica de ejercicios que trabajen la coordinación)
8.	Tener en cuenta que los tiempos de regeneración son mayores
9.	La frecuencia de entrenamiento se define en función de los objetivos individuales y de la forma física y no en función de la edad.
10.	Se debe prestar una atención especial al entrenamiento de la columna vertebral y de las piernas
11.	La importancia de la comunicación con el entrenador. En algunas instalaciones se tutea a todos los participantes y algunas personas mayores se sienten incómodas. En lugar de reglamentar y de limitar, es mucho más importante motivar a las personas mayores a participar en el entrenamiento y conseguir transmitirles una retroalimentación sobre las mejoras que les aportará el entrenamiento.

vedad del cuerpo al andar, con el constante cambio de apoyo unipodal que esto conlleva. Si estos músculos están muy débiles, la estabilidad es insuficiente y la persona tropieza. Por miedo a caerse observamos la adopción de una marcha “a trompicones” en la que la persona intenta estabilizarse manteniendo los dos pies en el suelo el máximo tiempo posible. La cadena muscular extensora de la rodilla y de la cadera y la musculatura estabilizadora de la rodilla también contribuyen a un aumento de la estabilidad en bipedestación y a la mejora del movimiento tanto sobre terreno plano como sobre terreno irregular. En consecuencia, para personas con una estabilidad y movilidad ya reducidas, se aconseja el entrenamiento de fuerza de los siguientes grupos musculares: los estabilizadores articulares inferiores del tobillo, los flexores y extensores de la rodilla, los abductores de la cadera con diferentes variantes, los rotadores y evidentemente también los extensores y flexores de la cadera. Justamente los dos últimos grupos musculares nombrados se atrofian considerablemente con la edad debido al desuso. Con el tiempo también se podrá integrar en el entrenamiento ejercicios más complejos como la prensa de piernas, la sentadilla o el peso muerto en el entrenamiento. La creación de esta fuerza en las piernas posibilitará de nuevo la libertad, seguridad y velocidad de movimientos óptima que ayudarán a las personas mayores no sólo a cumplir correctamente con las funciones coti-

dianas, sino también a realizar todo tipo de actividades de forma segura. En el capítulo D se hablará detalladamente de todos los grupos musculares relevantes para la región de la columna vertebral y los correspondientes ejercicios de entrenamiento.

Las personas mayores que consigan un aumento de su potencia, así como aplicar esta mejora a sus actividades cotidianas serán clientes fieles, pues su objetivo será mantener este estado e incluso mejorarlo. Representa una gran satisfacción ver cómo personas mayores que vivían con limitaciones físicas o con una pérdida de fuerza notable recobran ésta, mejoran su postura y ganan energía, descubriendo de nuevo su cuerpo y volviendo a ser activos en su entorno. La satisfacción personal que se obtiene con este trabajo aumenta considerablemente la autoconciencia.

12.4 Entrenamiento de fuerza para deportistas de alto rendimiento

En este apartado sólo apuntaremos algunas reflexiones. Para llevar a cabo un análisis más preciso o establecer un programa es necesario asistir a cursos o consultar publicaciones especializadas.

Por un lado, se debe mencionar **disciplinas deportivas típicas de fuerza** como la halterofilia, el levantamiento de pesos y el culturismo, o competiciones específicas como el *Strongest Man* o el *Armwrestling*.

Pero el entrenamiento de fuerza se practica actualmente también en casi todas las demás disciplinas deportivas.

Para los **velocistas** el entrenamiento de fuerza representa un factor clave, como ya hemos explicado. Para más especificaciones al respecto, véase el principio EF 7. **Los deportistas que soportan cargas asimétricas** desequilibradas necesitan el entrenamiento de fuerza para compensar los grandes momentos de giro unilaterales a los que se ven sometidos (ver principio EF 6). Muchos deportes de contacto corporal como la **lucha libre, deportes de juego en equipo o deportes de aventura** requieren

grandes efectos musculares estabilizadores que permitan responder correctamente a las cargas espontáneas que se presentan.

Pero también los deportistas de **disciplinas de resistencia** como los fondistas, los que practican la marcha, los ciclistas de fondo o los triatletas, todos ellos necesitan un entrenamiento de fuerza que les permita compensar su gran volumen de entrenamiento y la acción de las cargas permanentes a las que se someten. Además de mejorar su seguridad, aumenta la fuerza y la capacidad de aceleración y las superficies articulares se mantienen más estables.

Para la planificación del entrenamiento debemos considerar los aspectos siguientes:

- Entrenar los grupos musculares estabilizadores mediante con fuerzas máximas y poder desviar las fuerzas externas con poca carga (especialmente para deportistas jóvenes, ver antes).
- Integrar en el entrenamiento todos los músculos agonistas y sinergistas implicados en los movimientos principales de cada deporte.
- El análisis de los movimientos específicos de cada deporte proporciona precisiones para el diseño de los ejercicios.
- Establecer unidades periódicas en la organización de los entrenamientos con cargas adaptadas al deporte practicado.
- Procurar crear una fuerza de base en todas las articulaciones.



Figura C-38 Jürgen Hauber, campeón nacional de triatlón en Alemania en 1992; aquí lo vemos en la legendaria competición Ironman en Hawai (quedó en el lugar 18 en 1997). Realiza tres sesiones semanales de entrenamiento intensivo de fuerza. (Foto: Jürgen Hauber)

D. Entrenamiento muscular diferenciado de la región de la columna vertebral y del tronco

1. ANATOMÍA

La columna vertebral representa el eje de estabilización vertical del cuerpo humano. La construcción tipo puente de los cuadrúpedos se transformó a lo largo de la evolución en una construcción tipo columna, con sus correspondientes oscilaciones. El inicio de la marcha en bipedestación supuso el establecimiento de funciones motorices muy complejas y la creación de exigencias biomecánicas completamente nuevas.

Nuestra columna vertebral en forma de “S” representa una buena solución para dar respuesta a las cargas dinámicas que recibe. Los cálculos efectuados con modelos biomecánicos certifican una capacidad de resistencia de la columna vertebral con curvaturas fisiológicas diez veces superior a la de una columna recta (Kapandji III).

Si imaginamos una columna vertebral con curvaturas muy poco marcadas o incluso ausentes, nos daremos cuenta de las cargas extremadamente importantes que debe soportar esta persona –hasta 10 veces superiores– en comparación con una columna con curvaturas ideales. Una columna vertebral totalmente redonda, que de hecho dispone de una sola curvatura amortiguadora, también posee menos capacidad de absorción de cargas. Con el entrenamiento muscular diferenciado se puede hacer mucho –como veremos a continuación– para descargar la columna vertebral.

Estructura de la columna vertebral

La columna vertebral está compuesta por 7 vértebras cervicales (C1 a C7), 12 vértebras torácicas (o dorsales) (T1 a T12) y 5 vértebras lumbares (L1 a L5), además del sacro y del cóccix. Está unida

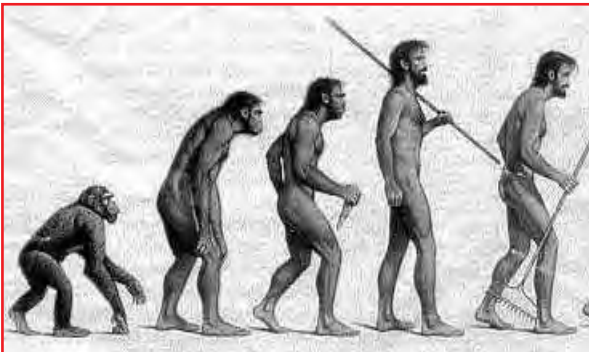


Figura D-1 Desarrollo de la columna vertebral debido a la evolución hacia la bipedestación

cranealmente (por arriba) con el cráneo mediante la articulación atlantooccipital y caudalmente (por abajo) con los dos huesos ilíacos a través de las articulaciones sacroilíacas. En posición erguida, la columna cervical (CC) y la columna lumbar (CL) presentan una lordosis (curvatura de prominencia anterior) y la columna torácica (CT) y el sacro presentan una cifosis (curvatura de prominencia posterior).

Cada vértebra está compuesta esencialmente por un cuerpo vertebral y un arco vertebral con su apófisis espinosa, sus apófisis transversas y sus carillas articulares. El espacio contenido entre el cuerpo y el arco vertebral forma el conducto vertebral, por lo que discurre la

médula espinal por el interior de la columna. La médula espinal proviene del cerebro y se extiende hasta la segunda vértebra lumbar, con sus nervios espinales –el “punto de conmutación” para toda la periferia–. Entre cada dos arcos vertebrales se forma a derecha y a izquierda un agujero intervertebral, del que salen los nervios espinales pares, desde la primera vértebra cervical hasta el cóccix.

Las vértebras colindantes están unidas mediante los discos intervertebrales y las articulaciones interapofisarias, y están reforzadas por diversos músculos y sistemas ligamentarios. Los ligamentos longitudinales posterior y anterior evitan el deslizamiento de los cuerpos y discos

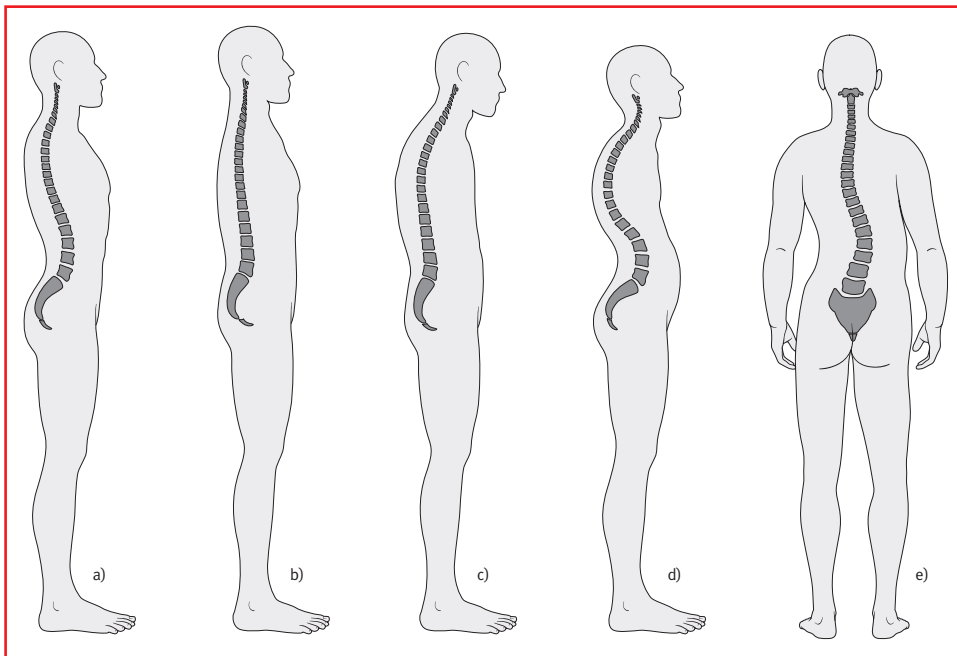


Figura D-2 Tipos de configuración de la columna vertebral, a) Normal, b) Dorso plano, c) Dorso redondeado, d) Dorso lordótico, e) Escoliosis

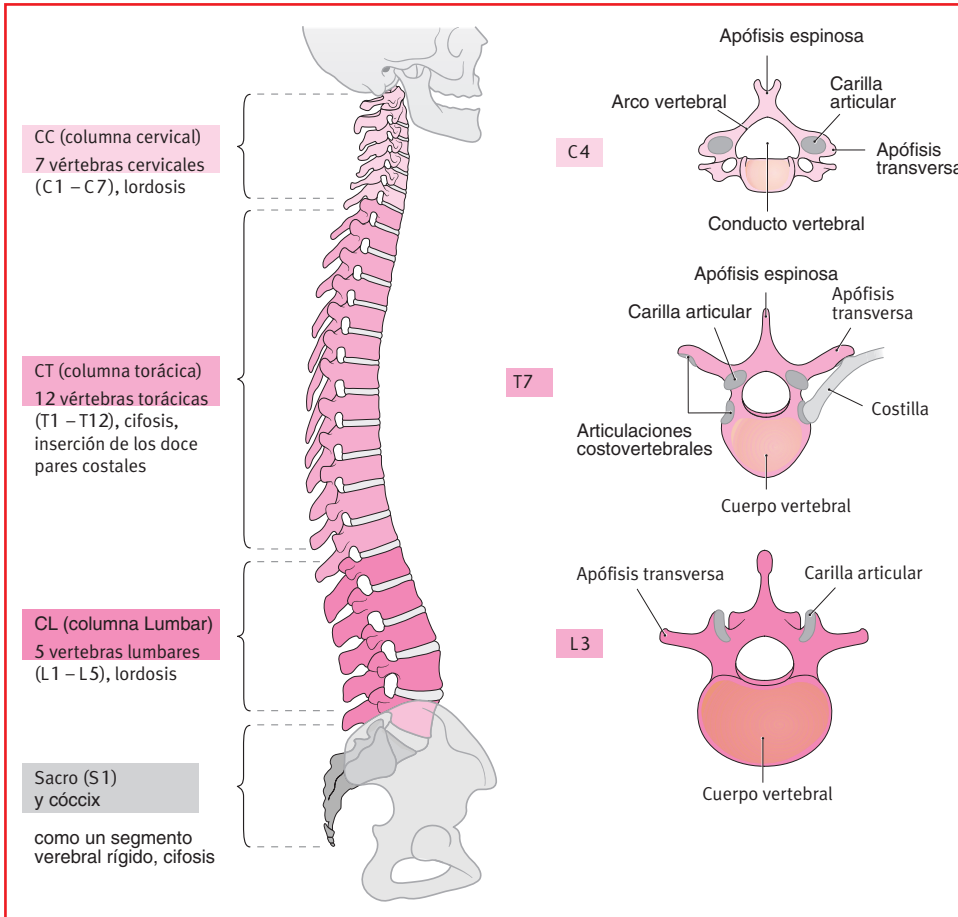


Figura D-3 Estructura de la columna vertebral con las vértebras cervicales, torácicas y lumbares

vertebrales hacia atrás y hacia delante, respectivamente. Para mayor protección de la médula espinal, el conducto vertebral está protegido por el ligamento longitudinal posterior y por los ligamentos amarillos. La misma médula espinal está recubierta además por diversas capas y se encuentra dentro del saco dural. Las apófisis transversas y espinosas también están fijadas por diversos ligamentos.

Articulaciones vertebrales

La movilidad de la columna tiene lugar a través de las tres articulaciones existentes entre cada dos vértebras. Las dos **articulaciones interapofisarias**, envueltas por una cápsula articular, posibilitan el movimiento de deslizamiento en todas las direcciones, pero la forma de las carillas articulares determina y limita en gran medida las posibilidades de

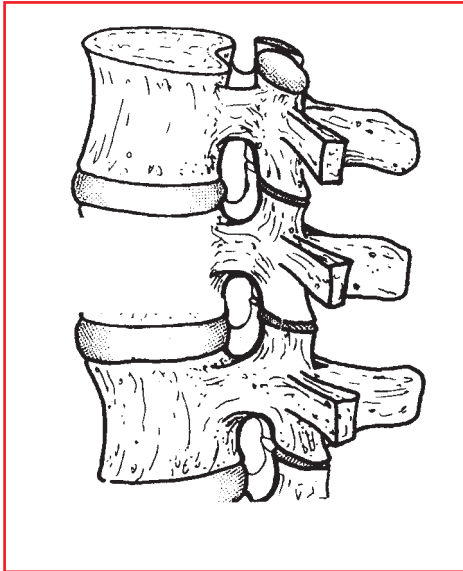


Figura D-4 Representación de dos segmentos vertebrales consecutivos (de: Calais-Germain, Anatomie der Bewegung. [Anatomía del movimiento], Editorial Fourier 1984)

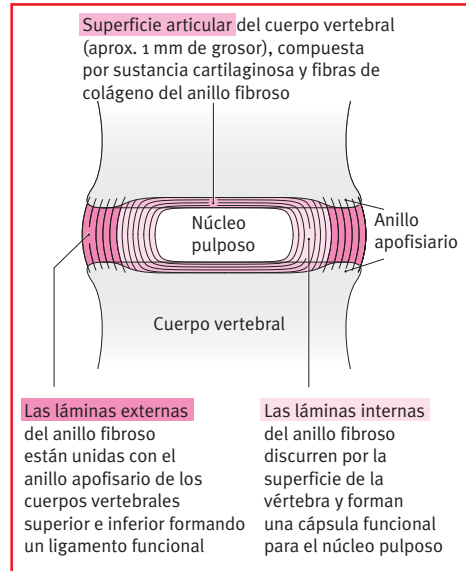


Figura D-5 Corte sagital del disco intervertebral (modificado de Bogduk 1991)

movimiento de los segmentos vertebrales. En este sentido podemos observar que la orientación casi vertical de las carillas articulares de la CL limita su capacidad de rotación a unos $1,5^\circ$ por segmento vertebral.

La tercera articulación está formada por los dos cuerpos vertebrales, unidos por los **discos intervertebrales**, que contienen un núcleo pulposo en su interior con el que forman conjuntamente **las articulaciones intervertebrales**. El núcleo pulposo está rodeado por una serie de 10 a 20 anillos fibrosos de colágeno. Estas fibras de colágeno están dispuestas en direcciones oblicuas diferentes, lo que posibilita movimientos como la inclinación anterior, la posterior y la

lateral, la rotación alrededor del eje de la columna y ciertos movimientos de deslizamiento.

Los anillos fibrosos internos están anclados en la superficie articular del cuerpo vertebral y contornean el núcleo pulposo formando una “cápsula articular” funcional. La superficie articular de la vértebra tiene aprox. 1 mm de grosor y está compuesta por cartílago hialino y cartílago fibroso. Las láminas externas del anillo fibroso están unidas al borde óseo del cuerpo vertebral y forman el “ligamento” funcional de las articulaciones intervertebrales (Bogduk 1991). De acuerdo con las investigaciones de Bogduk y de Chevrot, el disco intervertebral puede ser considerado como una ver-

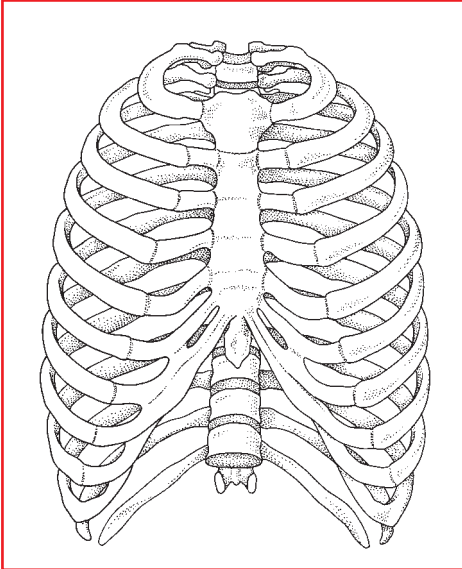


Figura D-6 Caja torácica (de: Tittel, Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen [Anatomía descriptiva y funcional del hombre] Edición núm. 13, Urban/Fischer 2000)

dadera articulación con cápsula, superficies articulares y ligamentos (Chevrot).

El núcleo pulposo está compuesto en un 70-90% por agua y mucopolisacáridos hidrófilos que gracias a la semipermeabilidad de la membrana de su núcleo permiten un almacenamiento de agua importante. Esta presión osmótica interna creada proporciona una tensión previa al disco, que puede así absorber las grandes cargas axiales a las que se ve sometido. La industria de la construcción ha copiado este principio para las construcciones con cemento armado.

Siendo la mayor parte del cuerpo que no recibe irrigación sanguínea, el interior del disco, con el núcleo incluido, de-

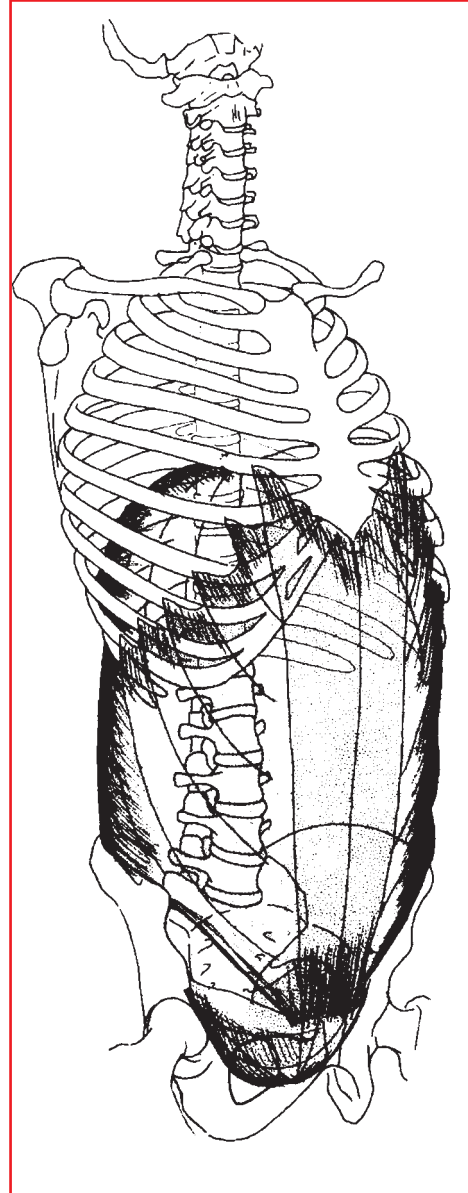


Figura D-7 Delimitación muscular del espacio abdominal por el diafragma y la pared abdominal muscular (de: Calais-Germain, Anatomie der Bewegung [Anatomía del movimiento], Editorial Fourier 1984)

pende del aporte de diferentes nutrientes como la glucosa, el oxígeno o los sulfatos, que le llegan a través de los dos mecanismos siguientes:

Por **difusión** de las láminas externas del anillo fibroso irrigadas y del plexo capilar que se encuentra directamente debajo de la superficie del cuerpo vertebral.

La regularidad del cambio entre **carga y descarga** del disco aumenta el flujo de agua hacia el disco intervertebral, de forma que aumenta el transporte de nutrientes (Bogdul 1991).

Conociendo estos factores podemos comprender el riesgo que entrañan actividades que impliquen el mantenimiento durante mucho rato de posturas en sedestación como la conducción o el trabajo ante el ordenador. Estas actividades comportan la casi ausencia de movimiento y la aplicación constante de una carga, lo que hace que el flujo de entrada y salida de agua antes mencionado se vea interrumpido casi por completo y que la difusión sea también más difícil por el gradiente de presión contrario que se crea con las grandes cargas. ¡La consecuencia de todo esto es un aporte de nutrientes deficitario! La fuga constante de agua del disco, por otro lado, tiene como efecto la disminución de la tensión previa del disco, que determina a su vez la existencia de valores de carga más importantes cuando se permanece mucho rato en sedestación. Hemos mencionado algunos motivos muy importantes por los que se debe efectuar regularmente pausas intermedias durante la realización de activida-

des como las nombradas o similares. En este caso aconsejamos realizar, además de algunos movimientos de gimnasia, un ejercicio para cada uno de estos grupos musculares: para los extensores del tronco, para la CC y para los músculos abdominales, tal como explicaremos más adelante.

Tórax

Los doce pares de costillas que forman la caja torácica se articulan con los cuerpos vertebrales y la apófisis transversa de cada vértebra mediante las dos articulaciones costovertebrales a cada lado de las doce vértebras torácicas (las costillas primera y duodécima no se unen con la apófisis transversa). Por la parte ventral la superficie cartilaginosa de las primeras siete costillas está unida directamente con el esternón. Las costillas octava a décima van a parar directamente al séptimo arco costal y la undécima y la duodécima son libres. Este conjunto formado por 58 articulaciones costales posibilita los movimientos de la caja torácica, tales como la elevación y el descenso al respirar o los cambios de posición al realizar movimientos de la columna torácica como la inclinación lateral o la flexión.

El diafragma se inserta en el arco costal inferior, separando herméticamente la caja torácica de la cavidad abdominal y solamente está atravesado por los orificios del esófago, de la aorta y de la vena cava. El conjunto de los músculos abdominales representa la protección muscular de la cavidad abdominal en contraposo-

sición al sistema de protección ósea de la caja torácica, formado por las costillas, razón importante para mantener una musculatura abdominal fuerte y funcional.

Hablaremos con más profundidad de la CC, de sus particularidades y de su funcionalidad en el capítulo D5 (entrenamiento de la CC).

2 BIOMECÁNICA

La columna vertebral debe cumplir esencialmente 3 funciones (ver Tabla D-1).

2.1 Movimiento

a) Movilidad

La movilidad de cada uno de los segmentos vertebrales (una vértebra con la vértebra inmediatamente superior o inferior, desde craneal C0/C1 hasta caudal L5/S1) depende básicamente de la dirección del movimiento y de la geometría anatómica, variable. Cada uno de los segmentos ofrece una movilidad limitada, pero los 25 segmentos vertebrales en conjunto proporcionan a esta cadena de articulaciones de la columna vertebral la mayor movilidad de todas las articulaciones del cuerpo. En la flexión y la extensión podemos medir amplitudes desde la flexión completa hasta la extensión completa de unos 250° como media.

A pesar de ser la CT el segmento vertebral con más número de elementos, su movilidad es más reducida que la de

la CC o la de la CL debido a la disposición casi vertical de las apófisis espinosas (limitan la extensión) y a la existencia de la caja costal, estabilizadora.

b) Ejes de rotación

Cada vez que realizamos un movimiento se plantea la cuestión de cuáles son los ejes de rotación específicos de cada articulación, los centros que prácticamente no se mueven al efectuar movimientos de rotación. *Pearcy* identificó los ejes de rotación para los **movimientos de flexión y extensión** de la columna mediante la valoración geométrica de imágenes radiográficas de dos planos. En sujetos sanos resultó un eje de rotación de flexoextensión en la zona del núcleo pulposo para cada segmento vertebral (*Pearcy* 1988) (ver figura D-9). Las articulaciones interapofisarias no albergan ningún centro de rotación, sino que permiten un movimiento de deslizamiento traslatorio y son las que guían los movimientos.

Bogduk afirmó que el movimiento no se efectúa alrededor de un eje de rotación fijo, sino que éste se mueve dibujando una pequeña curva de pocos milímetros. Esto encajaría con el hecho de que, durante la flexión, la vértebra realiza una traslación hacia ventral además de la rotación sagital. En otra serie de investigación se observó que cuando había situaciones de degeneración vertebral, el desplazamiento del eje de rotación implicaba un área de movimiento muy superior a varios centímetros (*Bogduk* 1991). Esto provoca constante-

Tabla D-1 Las tres funciones principales de la columna vertebral

1. Función de movimiento	Posibilita los múltiples movimientos del cuerpo alrededor de su eje central
2. Absorción de cargas	Absorción y transmisión de las cargas
3. Función de protección	Protección de la médula espinal con todos los cordones nerviosos motores y sensitivos

mente el aumento de los momentos de giro y de las cargas de empuje en estas personas, lo que hace que las estructuras vertebrales que ya se encontraban dañadas ¡reciban además una carga adicional! Esto hace todavía más clara la importancia de que existan unos músculos vertebrales fuertes que permitan repartir mejor las cargas, como veremos en este capítulo.

Al efectuar la **flexión lateral** de la columna vertebral los ejes de rotación de cada uno de los segmentos también se sitúan en la zona del núcleo pulposo, pero en este caso están girados 90°

y discurren perpendiculares al plano frontal.

Durante la realización de los **movimientos de rotación** del tronco, de la cabeza o de la pelvis, la columna vertebral se ve sometida a un giro (torsión) alrededor de un eje de rotación perpendicular que también está localizado en la zona del núcleo pulposo. La movilidad en rotación de la columna vertebral disminuye sistemáticamente –de forma análoga a lo que ocurre con la posición de las carillas articulares– de arriba hacia abajo (CC hasta CL) (ver Tabla C-2).

Tabla D-2 Movilidad media de cada uno de los segmentos vertebrales basada en información obtenida en la bibliografía y en mediciones propias (varía individualmente en función de la edad y del estado de flexibilidad)

	Flexión(+)/Extensión(-)	Flexión lateral	Rotación
CC	+ 70° - 60°	± 40°	± 70°
CT	+ 30° - 20°	± 20°	± 40°
CL	+ 60° - 30°	± 25°	± 5°
Conjunto CV	+ 140°* - 110°	± 85°	± 115°

*En la flexión no se puede sumar sencillamente las amplitudes de cada uno de los segmentos vertebrales porque el conjunto de la estructura impide que sea así.

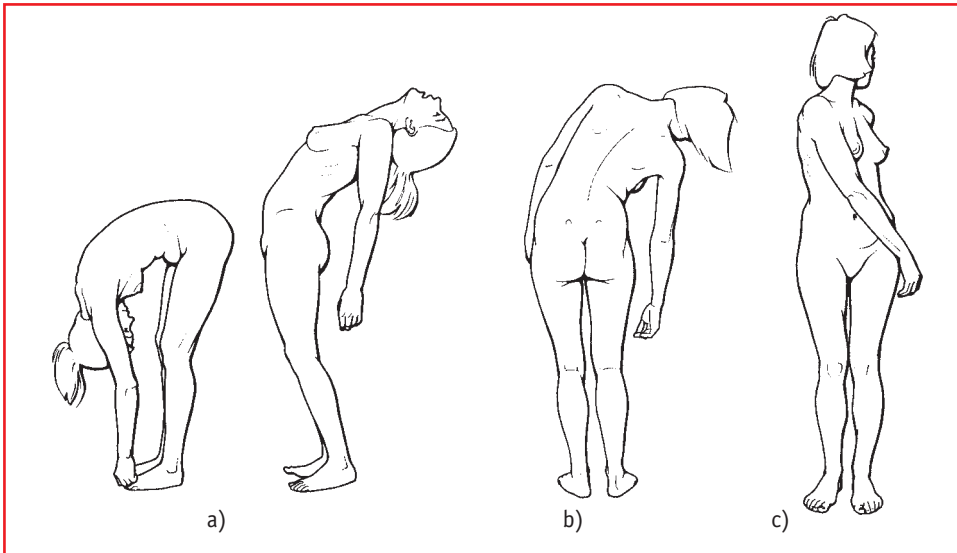


Figura D-8 Movimientos básicos de la columna vertebral (de: Niethard/Pfeil, Orthopädie [Ortopedia]. 3ª ed. Hippokrates 1997), a) Flexión/extensión, b) Flexión lateral, c) Rotación

Esta rotación está especialmente limitada en la CT debido a la presencia de las costillas y en la CL por la disposición casi vertical de las carillas articulares.

Para el **sistema multiarticular de la columna vertebral** existen, pues, múltiples ejes de rotación para los distintos movimientos. Es importante localizar los ejes de rotación del cuerpo para los ejercicios de la musculatura cervical y del tronco y poder posicionar el cuerpo en correspondencia. De este modo podremos entrenar las estructuras deseadas de forma efectiva y en el entrenamiento en máquinas de un eje evitaremos el acoplamiento de momentos de giro en las articulaciones. En las siguientes descripciones de los ejercicios nos aproximaremos todavía más a esta cuestión.

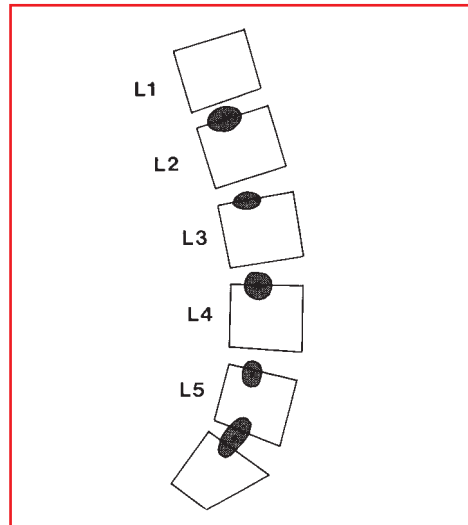


Figura D-9 Ejes de rotación de la CL durante la flexión y la extensión (de: Bogduk, Clinical Anatomy of the Lumbar Spine, Churchill Livingstone 1991)

2.2 Cargas

La enorme flexibilidad de la columna vertebral y su gran capacidad para soportar cargas, además de la función de protección de la médula espinal, plantean exigencias biomecánicas muy importantes para la columna. Además de la sabia geometría de la CV con la multifuncionalidad de sus discos vertebrales, el sistema de conducción, de estabilización y de amortiguación más importante de este conjunto multiarticular es una musculatura extremadamente compleja y funcional que dispone de una amplia logística de regulación en correspondencia. *Panjabi* explica que en investigaciones efectuadas con cadáveres, la CV sin musculatura del tronco activa no puede soportar más de 2 kg de peso sin mostrarse inestable (*Panjabi* 1989). A continuación expondremos las cargas aplicadas a la columna vertebral.

a) Cargas de compresión axial

La columna vertebral está especialmente adecuada para soportar cargas axiales; si se encuentra en buen estado, puede absorber cargas considerables, y tolerar cargas extraordinarias si está bien entrenada (ver fig. D-11).

Las cargas son absorbidas por los cuerpos vertebrales y por los discos y transferidas al anillo pélvico y a las piernas a través de las arts. sacroilíacas o inversamente de las piernas hacia arriba (por ej. al correr). Las superficies transversales de los cuerpos vertebrales y de los discos desde C1 hasta L5, crecientes de craneal a caudal, son las encargadas de

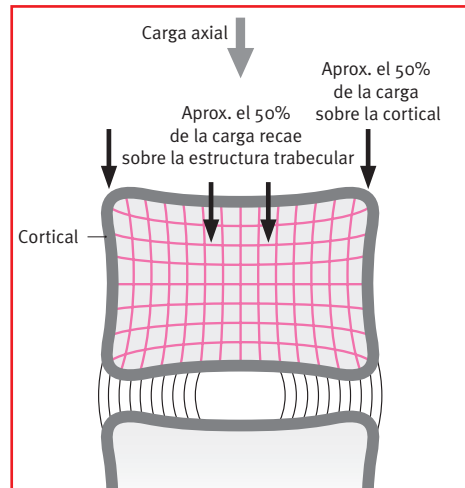


Figura D-10 Distribución de las cargas axiales en el cuerpo vertebral

soportar la masa de la parte superior del tronco, que aumenta en la misma relación. Los discos intervertebrales pueden tolerar cargas de compresión muy altas gracias a la disposición de sus láminas y a la tensión previa creada por la presión osmótica del núcleo. En este proceso pierden hasta un 10% de agua (*Kraemer* 1985), que recuperan en las fases de descarga.

Una pequeña parte de la carga axial es transmitida por las carillas articulares desde los arcos vertebrales craneales hacia los caudales. La carga del cuerpo vertebral es distribuida en función de la arquitectura interna de la siguiente forma: aproximadamente la mitad es absorbida por la capa cortical externa (borde óseo) y la otra mitad por las estructuras trabeculares internas (formación de trabéculas óseas) (*Bogduk* 1991) (ver figura D-10).

Con la edad esta distribución de las cargas varía en detrimento de la cortical, pues la estructura trabecular se hace más delgada; éste es un punto muy relevante para el entrenamiento muscular diferenciado, pues será importante ofrecer múltiples estímulos de empuje y de compresión que permitan aumentar el engrosamiento y la solidez de las trabéculas óseas.

En contraposición a la enorme resistencia a la compresión de los discos intervertebrales, de unos $3.000 \text{ N/cm}^2 = 300 \text{ kg/cm}^2$, encontramos una resistencia a la compresión mucho menor en la superficie de apoyo ósea articular del cuerpo vertebral, con $300 \text{ N/cm}^2 = 30 \text{ kg/cm}^2$ aprox. (Hickey 1980). Esto explica que, ante la aplicación de cargas axiales muy importantes, se produzca más bien la fractura de la superficie articular del cuerpo vertebral que fisuras del disco intervertebral (Hutton 1982). Una CL típica fracasa a partir de cargas axiales de 1 t aprox. en el hombre y de unos 500 kg en la mujer, aunque estos valores varían significativamente en función de la edad, la talla, el peso y la fuerza de los músculos del tronco.

En el capítulo A ya se ha demostrado que la práctica del entrenamiento muscular diferenciado durante varios años con la aplicación de estímulos constantemente progresivos pero siempre fisiológicos tenía como efecto un aumento de la actividad de los osteoblastos de la principales líneas de tensión en el hueso. Con ello se consigue

un considerable aumento de la solidez de las capas de soporte óseo y del conjunto de la estructura trabecular; se produce además un refuerzo de la cortical y, con la aplicación de estímulos de carga importantes, incluso un incremento del diámetro transversal de la vértebras. Las investigaciones de *Granhed* sobre competidores de halterofilia a nivel mundial, entre otras, muestran los efectos del entrenamiento de la fuerza intensivo practicado durante años respecto a la capacidad de absorción de las cargas axiales en la CL. En los intentos máximos de estos atletas en peso muerto se producían cargas axiales de 2 t, ¡valores que representan el doble de la capacidad de carga máxima de una persona no entrenada! En levantamientos de peso muerto de hasta 355 kg con un peso corporal de solamente 90 kg se daban valores que llegaban a ser incluso de más de 3 t. La superficie transversal de las vértebras en estos atletas estaba aumentada y el contenido mineral de sus cuerpos vertebrales (BMC) presentaba un aumento de más del 40% respecto al grupo de control, llegando a ser de $8,4 \text{ g/cm}^2$ (L3) (Granhed 1987).

Cuando las cargas que recibe la columna no son puramente axiales, además de la carga de compresión, y según la geometría que se presente, se crearán fuerzas de cizallamiento y momentos de torsión y/o de flexión. Analicemos primero la situación de la absorción de cargas durante la elevación o durante la flexión anterior con una postura favorable y con una desfavorable de la columna.



Figura D-11 Cargas axiales altas para la columna vertebral:
a) **Cargas constantes:** sherpa transportando cargas de hasta 120 kg sobre la espalda subiendo montañas, caminando muchas horas al día (Foto: Gottlob)



Figura D-11 Continuación

b) **Cargas máximas:** El halterófilo Michael Brügger realizando una sentadilla con 320 kg (Foto: SPORT & FITNESS, Benno Dahmen)

b) Cargas durante la elevación y la flexión anterior

La carga que recibe la columna al agacharnos, flexionarnos hacia delante, levantar un objeto o inclinarnos depende de los parámetros siguientes:

1. **Peso** (peso de la parte superior del tronco más la posible carga que transportemos)
2. **Ángulo de inclinación anterior** de la columna vertebral respecto a la vertical (posición de la pelvis)
3. **Ángulo de flexión** de cada vértebra respecto a las demás (curvatura)

Con mediciones de compresión efectuadas intradiscalmente en personas vivas



Figura D-11 Continuación

c) Cargas dinámicas: en la fase de aterrizaje, la columna vertebral de un gimnasta experimenta por un momento una carga 15 veces superior a su propio peso corporal.

(mediante inserción de un sensor de presión en el núcleo pulposo del disco intervertebral entre L4 y L5) se demostró un incremento de la presión del núcleo pulposo, con un aumento de todos los parámetros enumerados (Wilke 1999). La columna experimenta el mínimo de carga cuando se levanta un peso pegado al cuerpo y con una posición lo más erguida posible, con la implicación dinámica de las cadenas musculares extensoras de la rodilla y de la cadera. De esta forma conseguimos una aplicación casi axial de la carga en la columna vertebral y prácticamente solo actúan fuerzas de compresión. Esta forma de levantamiento de pesos, siempre

recomendada en los cursos de formación de la columna, es la más aconsejable para el levantamiento de pesos ordinario. Pero no siempre es posible para todas las personas ni en todas las situaciones:

Cuando el peso a levantar es demasiado voluminoso o cuando los objetos a levantar están detrás de una barrera, por ej. cuando sacamos una caja pesada del maletero, el cuerpo debe inclinarse forzosamente hacia delante.

- Las personas con afectación de las rodillas tampoco pueden realizar correctamente la técnica mencionada, pues la descarga de la columna se hace a expensas de cargar más las rodillas (muy flexionadas). Para estas personas, la mejor manera de levantar los pesos sería inclinando ligeramente la columna recta hacia delante con ligera flexión de rodillas.
- Es muy diferente la elevación de un peso con el cuerpo inclinado pero la columna vertebral recta del levantamiento efectuado con la columna curvada, pues la carga soportada en este último caso es mucho mayor.

Carga de la CV soportada durante la inclinación con la columna recta

En la inclinación realizada con la columna recta la pelvis se inclina hacia delante por el trabajo excéntrico de los extensores de la cadera; los extensores del tronco mantienen la espalda recta mediante un trabajo isométrico. Al efectuar este movimiento la columna se ve sometida a momentos de rotación adicionales en función del ángulo de flexión anterior.

Supongamos de forma simplificada que todas las fuerzas de la espalda fueran producidas por un solo músculo espinoso; la consideración de las fuerzas en estático sería la que mostramos a continuación. Añadiremos además un equilibrio de fuerzas y momentos a nivel de L5/S1. Por la ausencia de movimiento, todas las fuerzas y momentos actuantes sobre este punto deberían ser iguales a 0. En el ejemplo, una persona de 75 kg de peso (40 kg de peso de la parte superior del tronco) levanta una masa de 50 kg en posición reclinada hacia delante (60°) con la espalda recta.

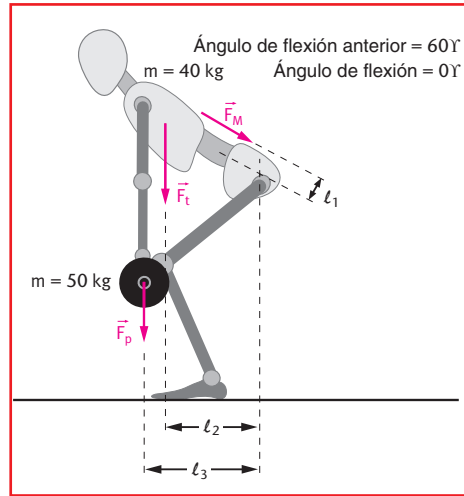


Figura D-12 Valoración de las fuerzas en la inclinación anterior con la espalda recta. Ángulo de inclinación anterior 60°; ángulo de flexión 0°; peso de la parte superior del tronco $F_T = 400 \text{ N}$ (40 kg); peso sostenido $F_P = 500 \text{ N}$ (50 kg); altura L5/S1

Equilibrio de momentos en L5/S1

$$\sum \vec{M} = 0$$

$$\rightarrow (F_T \cdot l_2) + (F_P \cdot l_3) - (F_M \cdot l_1) = 0$$

$$F_M = (400 \text{ N} \cdot 5 \text{ cm} + 500 \text{ N} \cdot 5 \text{ cm}) / 5 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \text{Fuerza muscular } F_M = 5.500 \text{ N}$$

$$(\Delta 550 \text{ kg})$$

→ Fuerza de cizallamiento: $F_z = (F_T + F_P)$
 • en ser 60°
 $F_z = 780 \text{ N}$ (78 kg)

Esto significa que para elevar las cargas correspondientes en posición inclinada, el erector de la columna debe desarrollar fuerzas muy considerables para mantener la columna recta. Estos valores varían en función de la geometría del cuerpo (diferentes brazos de palanca).

Carga de compresión

Bajo estas condiciones, sumamente simplificadas, la fuerza de compresión actuante sobre el disco intervertebral con un ángulo de flexión anterior de 60° sería 5.950 N (595 kg). En una supuesta superficie de disco de 18 cm² esta fuerza de compresión ocasiona una compresión de :

Equilibrio de fuerzas en L5/S1

$$\sum \vec{F} = 0$$

→ Fuerza de compresión: $F_C = F_M + (F_T + F_P) \cdot \cos 60^\circ$
 $F_C = 5.950 \text{ N}$ (595 kg)

$$p = F_C / A$$

$$= 330 \text{ N/cm}^2 = 3,3 \text{ MPa}$$
 (33 kg/cm²)

Como ya hemos explicado, la estructura del disco intervertebral puede tolerar grandes cargas de compresión axial (dis-

posición de las láminas, presión osmótica del núcleo). Podemos pues suponer que en una columna vertebral sana en la que la fuerza extensora sea suficiente para mantener la columna recta podrá ser absorbida sin problemas esta carga con la solidez de las estructuras pasivas.

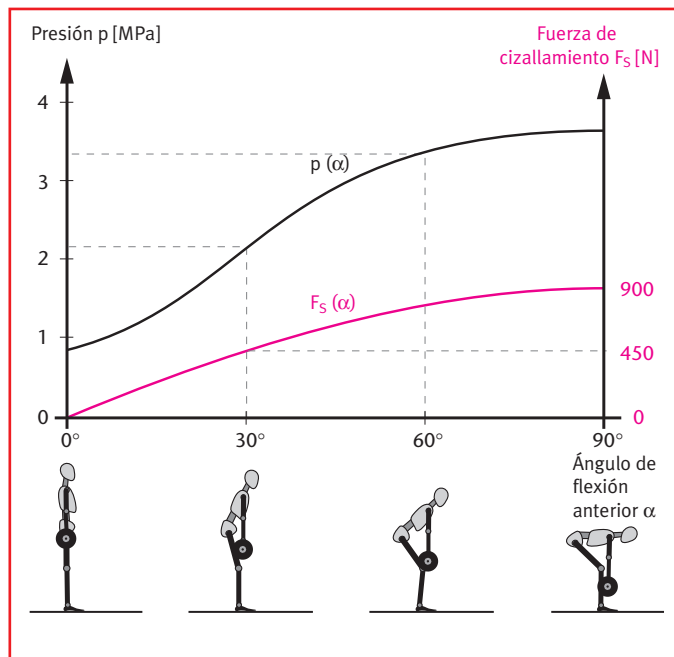
Fuerzas de cizallamiento

Además actúa una fuerza de cizallamiento dirigida hacia delante de 780 N (78 kg). Las láminas no son adecuadas para absorber fuerzas de cizallamiento mayores. El sistema de absorción pasivo esencial aquí son las **articulaciones interapofisarias**, que transmiten las fuerzas de cizallamiento hacia caudal a través de los arcos vertebrales (Hutton 1992). La transmisión de las fuerzas de

cizallamiento será mejor cuanto mayor sea el contacto entre las superficies de las dos carillas articulares óseas correspondientes. Debido a la posición neutra de la columna vertebral y a la gran actividad del erector de la columna necesaria para mantenerla, el contacto de las carillas articulares se hace seguramente con mucha superficie y de forma muy compacta. En este sentido es de suponer que existe una transmisión de las fuerzas de cizallamiento fisiológica.

En caso de existir una **espondilólisis**, una fisura en el arco vertebral, la articulación interapofisaria afectada ya no podrá absorber más fuerzas de cizallamiento. Se debe evitar entonces la aplicación de fuerzas de cizallamiento importantes como las que se producen supues-

Figura D-13 Cargas de compresión y de cizallamiento (a nivel de L5/S1) en función del ángulo de flexión anterior (para valores de carga ver fig. D-12)



tamente en grandes dinámicas, para que no se produzca una espondilolistesis, o sea, el desplazamiento de la vértebra hacia delante. También actúa activamente una fuerza de cizallamiento hacia ventral producida por el anclaje de la fascia toracolumbar (ver cap. D 2.3b). De todo esto cabe sacar conclusiones que permitan efectuar una distribución óptima de las fuerzas de cizallamiento actuantes sobre un segmento vertebral amplio con los arcos vertebrales intactos durante el entrenamiento.

Ángulo de flexión anterior

A medida que aumenta el grado de flexión anterior –y también la inclinación de la pelvis– aumentará el brazo de carga y con él el momento de rotación flexor hacia delante.

También hay que tener en cuenta que las personas con una parte superior del tronco más larga experimentan en correspondencia un momento de rotación mayor. En la figura D-13 se ha representado el aumento de la carga de compresión axial y de la fuerza de cizallamiento ventralizante. Si el grado de flexión aumenta, también debe aumentar la fuerza isométrica de los extensores del tronco necesaria para mantener la espalda recta.

Influencia del ángulo de flexión de las rodillas durante la flexión anterior y el levantamiento

En contraposición a lo que se suele pensar, el grado de flexión de las rodillas durante la flexión anterior no influye para nada en la carga que recibe la columna

vertebral, pero sí en la carga que reciben las rodillas y las caderas. Lo que varía entre las dos posibilidades es la cadena muscular que debe realizar el trabajo de sostén estático de las piernas (fig. D-14). **La postura de la columna vertebral** –tanto si está recta como si está curvada– viene determinada exclusivamente por la **actividad del grupo erector de la columna** y el ángulo de flexión anterior viene determinado sólo por la posición de la pelvis. Con las **rodillas flexionadas** es la potente cadena extensora de la rodilla y de la cadera, con la acción primaria del glúteo mayor y del cuádriceps y con la acción secundaria de los isquiotibiales,

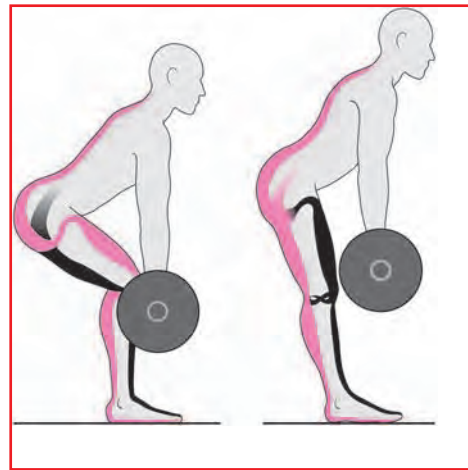


Figura D-14 Cadenas musculares activas durante la flexión anterior con las rodillas flexionadas o extendidas.

- a) Cadena glúteo mayor/cuádriceps y la participación sinérgica de los isquiotibiales
- b) Cadena glúteo mayor/isquiotibiales/gastrocnemio (en ambos casos queda garantizada la posición recta de la columna vertebral mediante la gran actividad isométrica del erector de la columna)

la que efectúa el trabajo. Con las **rodillas extendidas** el cuádriceps no puede ser activado; la mayor parte del trabajo está a cargo principalmente de los isquiotibiales ayudados por los glúteos y los músculos de la parte posterior de la pierna. Por tanto, la flexión anterior de 90° con la espalda recta es prácticamente imposible de realizar, pues con las rodillas extendidas los flexores de las piernas se encuentran en una posición de máximo estiramiento bajo carga (posición forzada). Se aconseja adoptar pues la posición con las rodillas flexionadas, dado que disponemos de esta fuerte cadena extensora y porque sencillamente es más fácil y menos forzada.

Cargas de la CV durante la flexión anterior con la espalda curvada

Si durante el levantamiento se adopta una posición de flexión anterior del tronco, o sea, una posición de cifosis –ya sea por la existencia de una mala coordina-

ción, por un agotamiento local o por debilidad muscular–, el disco vertebral es aplastado por su parte ventral, se produce un aumento de la compresión y las estructuras dorsales experimentan cargas de tracción mayores.

En sus mediciones intradiscales (L4/L5) de la presión del núcleo pulposo *Wilke* encontró que la postura encurvada de la columna vertebral provocaba un aumento de la presión en el centro del núcleo de un 30% aprox. (Wilke 1999). Debido a las relaciones hidroestáticas existentes, esta compresión afectará a todo el núcleo pulposo (el valor de compresión dependerá del ángulo de flexión; la carga levantada era 20 kg).

Debido a las desfavorables relaciones mecánicas y al déficit hidroestático, tanto en las láminas externas del anillo fibroso como en las estructuras dorsales (ligamentos longitudinales, cápsula articular) se experimentarán valores muy altos. Podemos calcular la carga de compresión

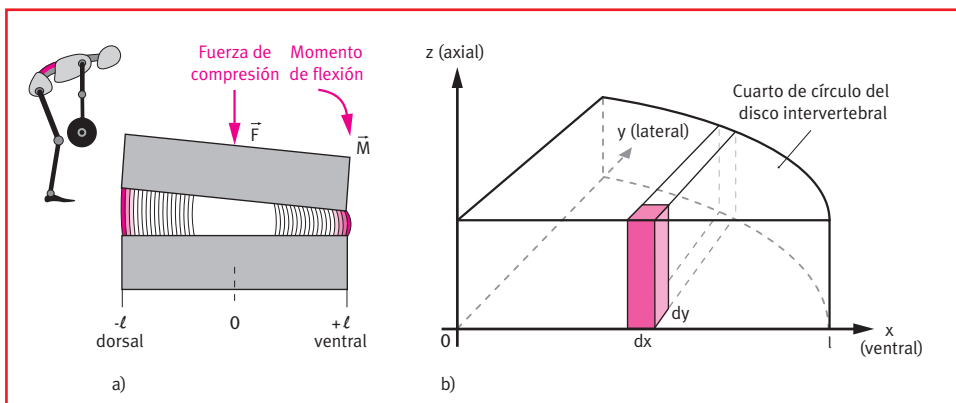


Figura D-15 Carga de la CV durante la flexión anterior con la columna curvada (situación crítica) a) Efecto de la fuerza sobre el disco intervertebral, b) Modelo de cálculo para las cargas de flexión del disco

que se crea en la zona ventral del disco con la columna vertebral completamente curvada suponiendo una serie de condiciones simplificadas: relaciones isotropas (características elásticas homogéneas), hidroestática descuidada, no hay más fuerzas de sostén que las del mismo disco intervertebral, no hay fuerzas de cizallamiento, el disco tiene forma circular y está estático (ver fig. D-15).

Carga de compresión del disco intervertebral:

$$p(x) = p_0 + p_1(x)$$

donde $p_0 = F / (\pi \cdot l^2)$
de la fuerza de compresión actuante y
 $p_1(x) = p_{\text{máx}} \cdot x/l$
del momento de fuerza actuante (suponemos una distribución lineal de la compresión)

El momento de flexión resulta:

$$\begin{aligned} M &= \int x \cdot p_1(x) A \\ &= \iint p_{\text{máx}} \cdot x^2/l \, dx dy \\ &= p_{\text{máx}} \cdot l^3/4 \cdot \text{arcseno}(x/l) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{para } x = l \rightarrow p(x) &= \\ F/(\pi \cdot l^2) + 4 M/(\pi \cdot l^3) \end{aligned}$$

Para la **zona del borde anterior** $l = 2,4 \text{ cm}$, con una $F = 450 \text{ N}$ y una $M = 275 \text{ Nm}$, como en el ejemplo superior, con una posición de la columna completamente curvada, resulta una **compresión máxima local** de

$$p_{\text{máx}} = 255 \text{ kg/cm}^2 = 25,5 \text{ MPa (!)}$$

Cargas de compresión y de tracción

Según este cálculo, con máxima flexión de la CL, 60° de inclinación anterior y con 50 kg de carga adicional, el segmento del anillo fibroso ventral y más externo se vería sometido a una compresión máxima local de unos 25 MPa aprox., un valor 8 veces mayor al que experimenta cuando la columna está recta (ver antes), Este cálculo aprox. muestra lo espectaculares que pueden ser las condiciones puramente mecánicas. Evidentemente, para la absorción de estas fuerzas también cuentan todos los sistemas de sostén restantes, como los ligamentos espinosos, el ligamento amarillo, las cápsulas articulares y las fibras musculares estiradas pasivamente (tensión de tracción vertical), así como las fibras de colágeno de los anillos laminares (tensión de tracción horizontal). Con todos estos elementos el punto máximo de la carga de compresión se verá reducido, pero los valores locales continuarán siendo elevados.

Las fibras de colágeno del segmento laminar dorsal más externo se verán sometidas a altas cargas de tracción y muy estiradas por la flexión (Pearcy 1991). Un disco intervertebral que ya lleve tiempo lesionado –con fisuras en los anillos laminares internos– puede empeorar si es sometido a fuerzas muy grandes (especialmente con grandes dinámicas o con movimientos de rotación combinados), pudiéndose producir más fisuras también en las zonas externas y con el riesgo potencial de provocar una hernia discal.

Tabla D-3 Contraste de las dos técnicas de flexión anterior

Flexión anterior con la columna recta	Flexión anterior con la columna curvada
<ul style="list-style-type: none">● Flexión anterior con inclinación de la pelvis y con gran tensión estática de los extensores del tronco● Enderezamiento por la actividad dinámica de la cadena extensora de la cadera y de la rodilla o únicamente de los extensores de la cadera con actividad estática del erector de la columna	<ul style="list-style-type: none">● Flexión anterior por la pura flexión de la CL y quizá de la CT con el trabajo excéntrico de los extensores del tronco● Enderezamiento por la actividad dinámica combinada de los extensores del tronco y de los extensores de la cadera
<ul style="list-style-type: none">● Gran actividad de los extensores del tronco que aumenta a medida que lo hace la flexión● Grandes cargas de compresión axiales (no dan problemas)● No hay cargas de flexión de los segmentos de la CV● Aumento de las fuerzas de cizallamiento ventralizantes (que son transmitidas por las articulaciones interapofisarias)	<ul style="list-style-type: none">● En la posición con la columna curvada los extensores de tronco están relajados● Aumenta la compresión del disco intervertebral● Grandes cargas de flexión de los segmentos de la CV● Grandes cargas de tracción de los ligamentos dorsales, de las cápsulas articulares y de las láminas dorsales del anillo fibroso● Grandes cargas de compresión de las láminas ventrales del anillo fibroso● Grandes fuerzas de cizallamiento ventralizantes (puede que sea problemático por la reducción del contacto entre las superficies articulares)
Técnica de flexión anterior no problemática	Técnica de flexión anterior muy problemática

Fuerzas de cizallamiento

La fuerza de cizallamiento que actúa hacia delante es comparable a la producida en la flexión anterior con la espalda recta. Pero en este caso puede ser peor absorbida porque el contacto de las superficies de las carillas articulares es mucho menor. Los ligamentos longitudinales, las cápsulas articulares y los discos intervertebrales serán portanto, sometidos a mucha tensión.

Comparando ambas posiciones podemos concluir que la flexión anterior con

la espalda recta es la técnica de inclinación más aceptable fisiológicamente (Tabla D-3).

c) Cargas unilaterales de la CV

La valoración de las posiciones creadas al transportar algún peso solamente en un lado, al levantar un peso con un brazo, durante la inclinación lateral o al realizar impulsos de fuerza asimétricos (por ej. lanzamientos) es análoga a la que hacemos para el levantamiento de pesos en flexión anterior con la espalda curva-

da, salvando las diferencias de relaciones de palancas y de estructuras de sostén. La “inclinación lateral con la espalda recta” no es posible sencillamente por razones de estática, de movilidad de la pelvis y por la disposición muscular. La aplicación de fuerzas unilaterales produce grandes momentos de rotación laterales que intentan comprimir lateralmente la columna vertebral y torcer la caja torácica. Sin compensación contralateral se produce una **flexión lateral del mismo lado (ipsolateral)** con la aparición de

puntos máximos de carga locales en los anillos discales externos, en las cápsulas articulares de las arts. costovertebrales (fuerzas de compresión en el lado ipsolateral y fuerzas de tracción en el lado contralateral) y en los ligamentos contralaterales. Se crea además el riesgo de colocar un segmento en posición forzada (ver fig. D-16a).

Si se pretende compensar la carga unilateral, la parte superior del tronco intentará hacer fuerza hacia el lado contrario. Esto provoca una reducción de las

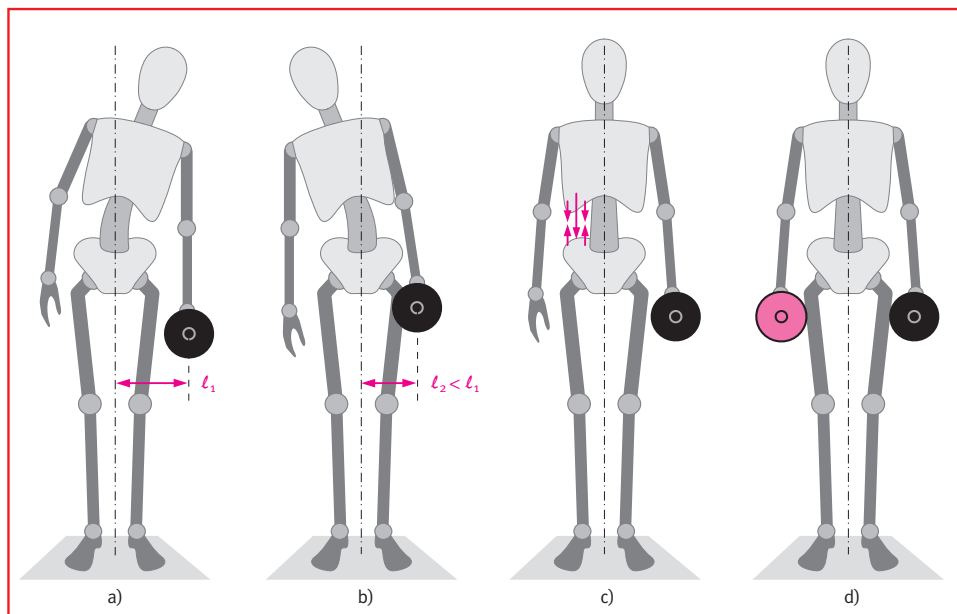


Figura D-16 Inclinación lateral provocada por la carga (a), con mecanismos de compensación (b-d)
a) Inclinación lateral provocada por la carga: grandes compresiones axiales, puntos de carga máxima locales; riesgo de posiciones forzadas
b) Compensación: grandes compresiones axiales; puntos de carga máxima locales pero ya reducidos; no hay posición forzada
c) Compensación muscular total: grandes compresiones axiales; no hay puntos de carga máxima; no hay posición forzada
c) Distribución de las cargas: poca compresión axial; no hay puntos de carga máxima; no hay posición forzada

Tabla D-4 Algunas conclusiones resultantes de la flexión sobre las cargas unilaterales de la CV

Aspectos a considerar respecto a la carga unilateral de la CV

- **Repartir** las **cargas** entre los dos lados regularmente siempre que se pueda (la distribución simétrica de las cargas es más beneficiosa aún doblando el peso)
- **Compensar** inclinando la parte superior del tronco hacia el lado contrario
- **Evitar** siempre que se pueda **las cargas unilaterales** de la CV:
 - Examinar las situaciones de la vida cotidiana (por ej. levantamiento de pesos sólo frontalmente, posibles levantamientos laterales sólo mediante la cadena extensora de la rodilla y de la cadera)
 - Examinar los deportes practicados; también las asimetrías que pueda presentar el entrenamiento de la fuerza (ver principio EF 6).
- **Entrenar los estabilizadores musculares laterales** de la columna vertebral para aumentar el rendimiento y para descargar (especialmente las porciones laterales del grupo erector de la columna el cuadrado lumbar y los músculos abdominales laterales)

palancas y la masa corporal desplazada hacia el otro lado crea un momento de rotación contrario parcialmente compensatorio. (ver fig. D-16b). Ello reduce la carga de flexión y evita el riesgo de provocar una posición forzada. Cuando levantamos o transportamos objetos voluminosos (por ej. una caja de bebidas) o cuando tenemos miedo a ensuciarnos (pantalones limpios/objeto sucio), la compensación no es posible; al contrario, aumenta todavía más el brazo de palanca.

En estos casos todavía se hace más patente la importancia del sistema de sostén activo (músculos). Los extensores del tronco contralaterales, en gran medida los que se insertan en la caja torácica, los músculos abdominales laterales, el cuadrado lumbar y las porciones transversas del erector de la columna son los únicos sistemas enderezadores que pueden producir una flexión lateral de la columna vertebral en función de la carga

en cualquier posición activamente (ver fig. D-16c). Si la coordinación es deficiente, existe un agotamiento local o un estado de atrofia (debilidad), será imposible evitar la flexión lateral de cada uno de los segmentos vertebrales provocada por la aplicación de la carga.

Otra manera de descargar estas estructuras es la aplicación de una carga contralateral (ver fig. D-16d). Si las dos cargas son iguales el momento de rotación se compensa totalmente y se evitan los puntos de carga máxima. Según el estado muscular, una carga soportada unilateralmente puede provocar valores de carga en las zonas periféricas (anillos externos, cápsulas articulares, ligamentos) de dos a seis veces mayores a las creadas por la aplicación de una carga axial. Por tanto, cargará mucho menos la columna el transporte de *dos* cajas de bebidas (una a la derecha y otra a la izquierda) que transportar solamente *una* (unilateral).

Así pues, reparta siempre que pueda las cargas entre los dos lados. Si son dos personas, ayude a su compañero a llevar la bolsa. ¡Su compañero se alegrará y su columna se descargará!

d) Rotaciones de la CV y movimientos combinados

La movilidad en rotación de la columna vertebral es condición necesaria para casi **todos los movimientos del cuerpo**. La multiplicidad de movimientos de la columna vertebral en el espacio es posible gracias a la rotación de la cintura escapular, de la pelvis y de la cabeza alrededor del eje longitudinal del cuerpo. Con la **rotación** conjunta de todos los cuerpos vertebrales **en la misma dirección** aumentan el ángulo de visión y el campo de acción. Con la ayuda de una **rotación en sentido contrario** (atornillamiento) mejora la estabilidad y aumenta la capacidad de aceleración. Al **andar** se produce este atornillamiento de la CV; con cada paso que damos el eje de la cintura escapular gira conjuntamente con la CT superior hacia una dirección y el eje de la pelvis, junto con la CT inferior y la CL, giran en sentido contrario. El grado de atornillamiento –medido por el contraste entre la rotación de la cintura escapular y la de la pelvis– depende de la edad, de la movilidad, de la fuerza, de la coordinación y de la respectiva velocidad, y es unos 10-15° aprox. durante la marcha. El punto de inversión de los sentidos de la rotación está situado a la altura de T7/T8 (Kapandji III). En **carreras de fondo** (20 km) se comprobó que, a

medida que aumenta el cansancio, disminuye sistemáticamente el grado de atornillamiento entre la cintura escapular y la pelvis y se pierde así la flexibilidad de la carrera (carrera estilo robot) al tiempo que aumenta la carga de la CV debido a la reducción de los amortiguadores (Bittmann). Aquí podemos observar la influencia de los rotadores de la CV en el conjunto de los movimientos del cuerpo



Figura D-17 Rotación de la columna vertebral en la práctica deportiva:

a) Atornillamiento en espiral de la CV durante la carrera

en lo que respecta a las cargas y al rendimiento.

Los atornillamientos en espiral de la CV están presentes en muchas técnicas deportivas específicas. En movimientos como el golpe de tenis, los pasos de escalada o el lanzamiento de la pelota en balonmano, la contrarrotación de la cintura escapular y de la pelvis “almacena” energía de aceleración (como un muelle tenso), estabiliza el cuerpo y descarga las estructuras periféricas (por ej. la región de los hombros y de los brazos). Para aumentar este rendimiento, el entrena-

miento muscular diferenciado puede hacer mucho por los músculos responsables de la rotación.

Los elementos activos de los movimientos de rotación de la CV son esencialmente los músculos abdominales laterales y los grupos transversoespinales del erector de la columna. Además, colaboran considerablemente en esta rotación –sobre todo al efectuar movimientos explosivos– los fuertes extensores de la cadera y los músculos de la cintura escapular (rotación de la cabeza y los músculos de la CC, ver cap. sobre CC).



Figura D-17 Continuación
b) Atornillamiento en espiral de la CV durante un lanzamiento de balonmano



Figura D-17 Continuación
c) Rotación de la CV en un mismo sentido en la práctica del golf

En los movimientos de rotación se producen momentos de torsión que actúan sobre cada uno de los segmentos vertebrales. Las láminas del anillo fibroso pueden absorber estos momentos de forma ideal gracias a la disposición oblicua de sus fibras de colágeno en forma de fuerzas de tracción (estiramiento). Para ambas direcciones de rotación existen dos direcciones de disposición de las fibras; en consecuencia, para la absorción de las fuerzas sólo se dispone de la mitad de las fibras de colágeno, mientras la otra mitad se tensa en sentido contrario (Percy 1991) (fig. D-18).

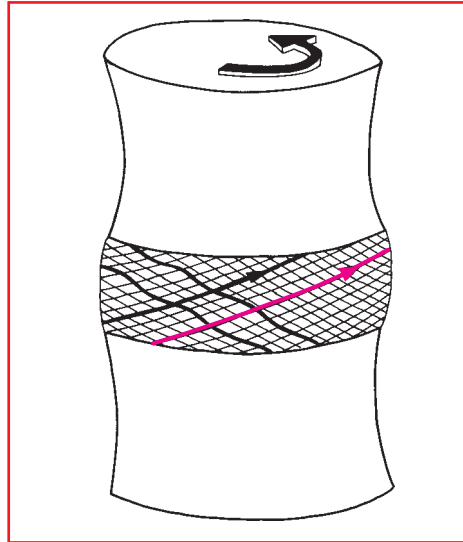


Figura D-18 Tensión de las fibras en el anillo fibroso con los movimientos de rotación (de: Bogduk, *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine*, Churchill Livingstone 1991)

Pero la capacidad de estiramiento del anillo fibroso también es limitada; si sobrepasamos el límite de $\pm 3^\circ$ en la zona de la CL, puede que se produzcan defor-

Tabla D-5 Algunas conclusiones resultantes de la reflexión sobre la rotación de la CV

Aspectos que hay que considerar en la rotación unilateral de la CV
<ul style="list-style-type: none">• Evitar los movimientos de rotación en posición de máxima flexión de la CV (con ellos el anillo fibroso experimenta grandes cargas de estiramiento)• Entrenar los músculos rotadores con la finalidad de aumentar el rendimiento, la estabilización y la descarga (especialmente los músculos abdominales laterales y las porciones transversoespinosos del erector de la columna)<ul style="list-style-type: none">- Para producir grandes aceleraciones y con ellas la descarga de las estructuras periféricas (por ej. lanzamiento dirigido desde el atornillamiento de la CV, descarga los hombros)- Para frenar cuando la energía de rotación es muy importante y conseguir así una descarga de las estructuras pasivas- Para estabilizar los flujos de fuerza creados• Las rotaciones en un mismo sentido y el atornillamiento (espiral) en sentido contrario de la CV son patrones de movimiento que permiten alcanzar una gran aceleración, aumentar el campo de acción y almacenar energía aceleradora.• Todas las disciplinas deportivas asimétricas en las que se producen intensas rotaciones de la CV como la carrera, deportes de golpeo, golf, lucha, esgrima, disciplinas de lanzamiento, etc. requieren la existencia de unos músculos rotadores fuertes y resistentes.

maciones plásticas con lesiones irreversibles (Bogduk 1991). La CL está limitada a $\pm 1,5^\circ$ de rotación máxima por la disposición vertical de sus articulaciones interapofisarias, de forma que no es posible el sobreestiramiento crítico de las láminas. Si ya se ha alcanzado estos grados de rotación, las articulaciones interapofisarias absorben la mayor parte de las fuerzas actuantes. Según la dirección de la rotación, una articulación soporta cargas de tracción y la contralateral soporta cargas de compresión y de empuje. En la región de la CT la disposición oblicua de las articulaciones interapofisarias posibilita mayores amplitudes de rotación, pero el movimiento está también limitado por la caja torácica. En este caso, los momentos de torsión también serán absorbidos por la geometría costal a través de las articulaciones costales, provocando deformaciones elásticas.

En función de la posición y del movimiento de la CV variarán las cargas experimentadas por las articulaciones interapofisarias, por los discos intervertebrales y por los ligamentos transversos. El anillo fibroso se muestra como un sistema extremadamente resistente que se puede tensar en diversas direcciones. Sus láminas experimentan una tensión máxima durante la rotación de la CV simultánea con la máxima flexión de la CV. Las fibras de colágeno dorsales de los anillos laminares externos, ya estiradas por la posición de máxima flexión, llegan a su límite de estiramiento por la rotación añadida (Percy 1991). Por la posición

en flexión la protección ósea de las arts. interapofisarias ya está reducida. Si aplicamos grandes cargas y/o se efectúa un movimiento dinámico, se puede producir fisuras en el anillo fibroso. En este sentido y a modo de ejemplo, nunca deberíamos mover cargas en dirección unilateral estando en bipedestación y con la espalda redondeada.

e) Cargas de la CV con grandes dinámicas

Todas las consideraciones hechas hasta ahora sobre las diferentes cargas de la CV eran de naturaleza estática, suponían la ausencia de movimiento o la existencia de movimientos muy lentos. Pero las relaciones que se crean al considerar altas velocidades de movimiento y las aceleraciones necesarias para alcanzarlas son muy interesantes. Como en muchas disciplinas deportivas se practican movimientos rápidos o muy rápidos y en la vida cotidiana estos procedimientos también ocurren de forma muy rápida, sería completamente incomprensible prescindir del cálculo de las influencias dinámicas.

Para acelerar cargas (también el peso del cuerpo solo) a una velocidad determinada y volver a frenar el cuerpo, es necesario producir fuerzas de aceleración y de frenado adicionales. Cuanto mayores sean la aceleración y el frenado, mayor será la fuerza. Complementando las indicaciones ya expuestas en el principio EF 7, sólo especificaremos las reflexiones generales sobre la dinámica respecto a la columna vertebral.

Aceleración – producción de energía

Como ya hemos visto, la fuerza de elevación necesaria para levantar una masa aumenta en relación con la aceleración (ver cap. B y principio EF 7).

Jäger calculó cómo se traduce esta fuerza de aceleración adicional en la carga que experimenta la columna vertebral. Calculó la carga de compresión que actúan en la zona de transición lumbosacra L5/S1 al levantar un peso con una geometría de elevación basada en el tiempo, partiendo de una posición de 90° de flexión anterior en la que se debe levantar una carga de 20 kg hasta la posición erguida en un tiempo de a) 2 segundos y b) solamente 1 segundo (figura D-19). En a) resultó un punto de carga máxima de unos 4.000 N (400 kg), que aumentó un 50% en b) llegando a ser de 6.000 N (600 kg) (Jäger 1990). Si se continúa reduciendo el tiempo de elevación se produce

un aumento dramático de los puntos de carga máxima (fig. D-19c).

A medida que aumenta la aceleración aumentan no sólo la carga de compresión, sino también las cargas de cizallamiento en función de la dirección de los movimientos (Marras), así como las cargas de flexión y de torsión.

La capacidad para producir grandes valores de aceleración depende, además de los factores neuronales, de la fuerza de la musculatura que actúa concéntricamente, especialmente de la sección transversal de la proporción de fibras FT; cuanto mayor sea, mayor será la capacidad de aceleración. Pero para cada movimiento acelerado se debe desviar una fuerza de aceleración según el principio “acción = reacción” a través del cuerpo. Esto requiere una estabilización de las regiones corporales afectadas que únicamente se puede conseguir mediante la

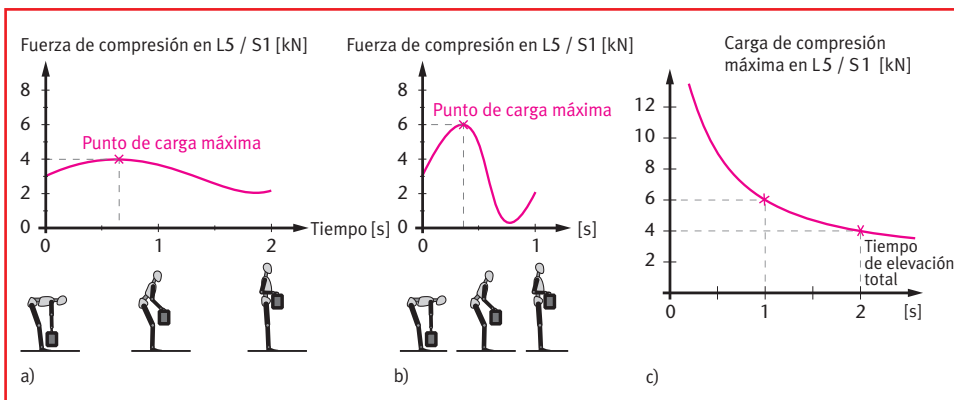


Figura D-19 Carga de compresión dinámica de la columna vertebral durante el levantamiento de una carga de 20 kg (modificado de Jäger 1990)
a) con un tiempo de elevación de 2 segundos, b) con un tiempo de elevación de 1 segundo, c) valores de carga máxima de compresión en función del tiempo de elevación total

tensión muscular, independientemente de la posición corporal. Por otro lado, las articulaciones y los ligamentos reaccionan estabilizando cuando la articulación llega a su posición de tope articular. Cuanto mayor sea la estabilización muscular más preciso será el movimiento y menos puntos de carga máxima experimentarán las estructuras pasivas (ver principio EF 5). Si se realiza por ej. un movimiento acelerado de rotación de la CV (durante un golpe o un lanzamiento), los grandes momentos de torsión producidos muscularmente para realizar este movimiento han de ser transmitidos a lo largo de la columna vertebral, pasando por las arts. sacroilíacas hacia la pelvis, y finalmente llegarán hasta el suelo a través de las piernas.

Las articulaciones sacroilíacas (ASI) se muestran frecuentemente como un punto débil. Muchas personas padecen dolor en esta zona y, si existen inestabilidades locales (distensión ligamentaria), la realización de movimientos repentinos provoca con frecuencia bloqueos. Si los músculos estabilizadores de las ASI son suficientemente fuertes y se contraen isométricamente durante la realización de estos movimientos se compensan muscularmente las inestabilidades. De este modo cabe solucionar estos problemas de forma duradera e incluso conseguir un aumento del rendimiento deportivo. Los **músculos estabilizadores de las ASI** están formados por: glúteo mayor, psoas, piramidal y las porciones lumbares de los extensores del tronco que se insertan en la cresta ilíaca.

Situación

La Sra. Müller, de 50 años de edad, se dirige a su casa cargada con las bolsas de la compra; camina por inercia con el pensamiento puesto en el aumento de alquiler del piso que le acaban de anunciar cuando de pronto escucha el claxon del tranvía que le avisa de que está circulando por su vía. Asustada se gira muy rápidamente de forma refleja. La calidad de su musculatura será la que decidirá si es capaz de amortiguar este rápido giro o se producirá un sobreestiramiento y una contractura, ¡y la señora Müller se irá a su casa con tortícolis!

Frenado – consumo energético

Si examinamos las situaciones de frenado en los procedimientos dinámicos, veremos que se producen grandes fuerzas y cargas. El cuerpo o el brazo, la pierna o la cabeza movidos deben ser frenados después de cada aceleración, pues de lo contrario continuarían moviéndose, perderían el equilibrio y podrían lesionarse y no ser capaces de realizar el movimiento siguiente.

Debemos pensar, por un lado, en el frenado tras un **movimiento producido por uno mismo**, como el de un golpe de tenis o de golf, el de la patada del futbolista, el del puñetazo del luchador, el del lanzamiento de jabalina o sencillamente la rotación repentina de la cabeza tras llevarnos un susto. Y, por otro lado, debemos pensar en los procedimientos de frenado necesarios tras la **acción de fuerzas externas sobre nuestro cuerpo**, por ej.:

- Al atrapar o tomar contacto con objetos que se mueven (por ej. el portero de fútbol o el bloqueo de voleibol)



Figura D-20 Procedimiento de aceleración y de frenado durante el lanzamiento de jabalina

- Al recibir golpes, impulsos o patadas mediante el contacto corporal (como en la lucha libre, en el fútbol, en el hockey sobre hielo, en el balonmano o en el kendo)
- Cuando se toma contacto con el suelo de forma muy energética, como al saltar, en el aterrizaje de un gimnasta tras una pirueta en el aparato, al tropezar o al sufrir una caída
- Cuando se producen grandes energías como una caída a gran velocidad (descenso de esquí, salto de altura, patinaje sobre ruedas) o al sufrir accidentes en bicicleta, en moto o en coche.

Para reducir estas fuerzas o energía cinética en parte medias y en parte muy altas, se debe dominar un frenado rápido y efectivo, lo que determinará a largo plazo el rendimiento y el mantenimiento de un cuerpo sano. Para conseguirlo exis-

ten 3 mecanismos de frenado expuestos en la tabla D-6.

Las **fuerzas de frenado externas** actúan cuando están orientadas contra el movimiento acelerado. Si usted levanta un peso hacia arriba como los halterófilos, la fuerza de gravedad actuará constantemente frenando. El movimiento en el agua experimenta una fuerza de rozamiento entre el cuerpo y el agua; al empujar un objeto por el suelo ocurre algo similar. Además, algunos materiales absorbentes de energía, como los acolchados, las espumas o el vestuario protector absorben grandes energías cinéticas mediante un trabajo de deformación, como lo demuestran dispositivos como el *airbag* o el chaleco antibalas.

En la mayoría de los casos las **fuerzas de frenado** deben ser **producidas y desviadas en parte o por completo en el cuerpo**. Esto puede tener lugar de forma

activa durante el movimiento gracias al trabajo muscular excéntrico de los músculos antagonistas. Pero, si los mecanismos de frenado musculares fallan sea por debilidad, por agotamiento o por una coordinación muscular deficitaria, la energía solamente se puede reducir al final del movimiento mediante el trabajo de deformación de las estructuras pasivas.

Sin embargo, la elasticidad de las estructuras pasivas es mucho menor que la de los músculos y esto comporta la compensación de toda la energía cinética mediante un trabajo de deformación en un recorrido muy corto y en muy poco tiempo. Lo que ocurre es que, para reducir energía, los ligamentos, las cápsulas, el cartílago, los huesos y los discos intervertebrales sufren un estiramiento repentino o son comprimidos por deformación elástica. Si las fuerzas de frenado necesarias son demasiado grandes, después del estiramiento máximo se produce la deformación plástica o deformaciones en

forma de distensiones, fisuras, roturas, aplastamientos o fracturas.

Debido a su gran flexibilidad y a su gran capacidad de contracción en cualquier posición, el músculo representa el sistema de frenado más importante del cuerpo humano. Si la fuerza es suficiente, el músculo puede compensar la energía cinética sólo mediante la producción mecánica de trabajo y evitar así cualquier tipo de deformación de las estructuras pasivas; cualquier movimiento repentino puede ser amortiguado y las posibles cargas de impulso del sistema columna vertebral/cabeza se verán notablemente reducidas. *Zatsiorsky* afirma que los deportistas experimentados que disponen de una buena musculatura han de absorber sólo el 0,5% de la energía cinética mediante la deformación de sus estructuras pasivas durante el aterrizaje en el suelo (salto, carrera), pues son capaces de absorber el 99,5% de esta energía mediante el trabajo muscular. En contra-

Tabla D-6 Mecanismos de frenado para la reducción de la energía cinética

<p>1. Fuerzas de frenado externas</p> <ul style="list-style-type: none">a) Freno de la fuerza de la gravedad (la fuerza de la gravedad actúa en contra del movimiento)b) Fuerzas elásticas (por ej. cuerdas de goma)c) Fuerzas de rozamiento (rozamiento con el suelo, resistencia del agua, etc.)d) Trabajo de deformación (por ej. con acolchados, ropa protectora, zonas de compresión)
<p>2. Trabajo muscular coordinado</p> <ul style="list-style-type: none">a) Movimientos de compensación (activación de otros grandes grupos musculares)b) Contracción de los músculos antagonistas
<p>3. Trabajo de deformación pasivas de las estructuras internas</p> <ul style="list-style-type: none">a) Deformación elástica (por ej. estiramiento de la cápsula o de los ligamentos)b) Deformación plástica, deformación (sobrestiramiento, fisuras, lesiones menores o mayores)

posición, en una técnica de aterrizaje dura se absorbe hasta un 75% de la energía cinética mediante la deformación, o sea, se provoca una carga mecánica 150 veces mayor para las estructuras pasivas (Zatsiorsky 1996).

Las fuerzas de frenado internas necesarias alcanzan valores muy altos cuando no existen fuerzas de frenado externas o cuando la velocidad del movimiento acelerado aumenta incluso por la aplicación de estas fuerzas. Normalmente en los movimientos de rotación de la CV acelerados las fuerzas de frenado externas suelen ser inexistentes y en algunos casos, como durante el salto hacia abajo o durante una caída, la fuerza de la gravedad actúa incluso aumentándolos.

Justamente para estas situaciones es muy importante entrenar los grupos musculares estabilizadores y los antagonistas. Puesto que las fuerzas de frenado deben ser producidas normalmente con gran rapidez y suelen alcanzar valores muy importantes, la sección transversal de las fibras FT de estos grupos musculares será relevante. Esto significa que los músculos deben ser entrenados con cargas lo suficientemente altas (ver principios EF 2 y 7). Desafortunadamente a estos músculos no se les suele proporcionar los ejercicios y programas de entrenamiento que necesitarían, lo que a veces se pagará más tarde. Pero en este caso no sólo importa el aspecto de salud, sino también el aumento del rendimiento. Muchos deportistas de diferentes disciplinas han aumentado su rendimiento gracias a la práctica de un

entrenamiento adicional de los grupos antagonistas.

Si consideramos los métodos de entrenamiento de aumento de la fuerza vistos hasta ahora, por ej. el entrenamiento del salto profundo, en el que se utiliza una técnica de aterrizaje dura para obtener una alta potencia refleja en el salto, observaremos claramente la gran magnitud de las cargas. Cualquier entrenador o deportista haría bien en entrenar previamente de forma intensiva los grupos musculares antagonistas y estabilizadores de la actividad que practica durante un período mínimo de 6 meses a 1 año (ver principio EF 7).

2.3 Estabilización muscular de la columna vertebral

Tal como hemos mostrado en el capítulo anterior, tanto si se produce la desviación de cargas puramente axiales como ante la presencia de grandes dinámicas, aparecen grandes valores de carga en la columna. Las técnicas de movimiento favorables descritas, la distribución de las cargas y la postura reducen los puntos de carga máxima en la vida cotidiana, en el trabajo o en la práctica del deporte. Pero también se puede reducir constantemente la carga mediante una buena adaptación de las condiciones de trabajo (altura de los muebles, ángulo de visión, etc.), escogiendo muebles ergonómicos y evitando mantener una postura fija durante mucho rato.

La debilidad de los estabilizadores o de los músculos activos dinámicamente puede ser la causa de la existencia de una

Tabla D-7 Algunas conclusiones resultantes de la reflexión sobre la dinámica de la CV

Aspectos a considerar sobre la dinámica de la CV
<ul style="list-style-type: none">• En movimientos frenados o acelerados se crean fuerzas adicionales que en caso extremo pueden llegar a provocar puntos de carga máxima en las articulaciones afectadas; en este sentido cabe afirmar que los movimientos rápidos pueden causar más problemas que los movimientos con grandes cargas (un salto mal amortiguado desde una silla puede cargar más la columna vertebral que una sentadilla con mucho peso).
<ul style="list-style-type: none">• Al realizar movimientos con mucha aceleración debemos prever la presencia de fuerzas de sostén suficientes o la utilización de materiales de protección que absorban la energía.
<ul style="list-style-type: none">• Los deportistas han de realizar un entrenamiento de fuerza intensivo de la musculatura de frenado que absorbe la energía (antagonistas del movimiento) como medida profiláctica y para aumentar el rendimiento.
<ul style="list-style-type: none">• Para conseguir la estabilidad en la realización de movimientos acelerados se debe entrenar los grupos musculares protectores de las articulaciones, por ej. los músculos de la ASI.
<ul style="list-style-type: none">• Para la preparación de programas de entrenamiento orientados a mejorar la capacidad de reacción y la velocidad se debe entrenar los músculos amortiguadores de la energía durante un mínimo de 6 meses antes de iniciar el entrenamiento.
<ul style="list-style-type: none">• Se debe entrenar preferentemente el porcentaje de fibras FT contenidas en los grupos musculares estabilizadores y de frenado (entrenamiento de fuerza máxima, ver cap. 2) Esto es igualmente válido para un deportista de alto rendimiento que para una persona mayor no entrenada.
<ul style="list-style-type: none">• Cuidado con el estado de nutrición de los discos intervertebrales y de las articulaciones: ¡El problema de la falta de movimiento! Si hay que mantener una posición estática de la columna vertebral durante mucho rato (sentados, de pie, en el despacho, TV, ordenador, coche, etc.) se debe mover la columna vertebral en todas direcciones al menos cada 30 min para mejorar la situación de estrangulamiento de los discos y de las articulaciones. El mantenimiento de una posición rígida durante mucho rato provoca un estado de desnutrición con el riesgo de destrucción de determinadas zonas que ello entraña (por ej. de las láminas internas del anillo fibroso), ¡posible estado previo de una posterior hernia discal!

mala postura o de patrones de coordinación incorrectos al realizar movimientos como levantar pesos o la falta de amortiguación en un salto. Puesto que el músculo es demasiado débil y no tiene un buen rendimiento de trabajo, o es muy poco económico y en consecuencia muy agotador, se escoge preferentemente una postura poco favorable y sin requerimientos musculares y se amortiguan los movi-

mientos de aceleración mediante la deformación de las estructuras pasivas.

Por este motivo y por todas las razones expuestas en la tabla D-8, **lo primero que se debe conseguir es unos músculos del tronco fuertes**, que permitan evitar la aparición de puntos de carga máxima en cualquier situación. Si se dispone de una musculatura así, se puede absorber cargas muy altas sin riesgo de sufrir

Tabla D-8 Efectos de descarga producidos gracias a una fuerte musculatura del tronco

<ul style="list-style-type: none">• Se puede adoptar posturas favorables para la columna vertebral y mantenerlas más fácilmente y durante más tiempo (por ej. la lordosis lumbar durante la flexión anterior).
<ul style="list-style-type: none">• Ante la adopción de posturas “desfavorables” determinadas por factores externos se consigue una mejor distribución de las cargas (por ej. al levantar un peso que se encuentra detrás de un muro).
<ul style="list-style-type: none">• Se puede desviar mejor y con menos carga todas las fuerzas actuantes sobre el cuerpo.
<ul style="list-style-type: none">• Se puede tensar muscularmente todas las articulaciones que se encuentran dentro del flujo de fuerzas, lo que hace que también se las pueda estabilizar independientemente del ángulo articular (por ej. estabilización de la ASI).
<ul style="list-style-type: none">• Se puede recolocar el cuerpo o el tronco activamente de nuevo a la posición neutra desde una posición de mucha flexión, de extensión, de flexión lateral o de rotación aun cuando este movimiento se deba realizar contra resistencia.
<ul style="list-style-type: none">• Se puede producir importantes fuerzas de aceleración (además de la actividad deportiva especialmente en situaciones de peligro o en caso de necesitar movimientos de compensación rápidos).
<ul style="list-style-type: none">• Se puede producir importantes fuerzas de frenado, aunque el sistema de sostén elástico representado por la musculatura ofrece una amortiguación mucho mejor.
<ul style="list-style-type: none">• Las grandes fuerzas de tracción muscular entrenan también las estructuras pasivas, que reaccionan a largo plazo con un aumento de su solidez.

lesiones. Unos músculos lo bastante fuertes significan que hay que ser mucho más fuerte de lo que demuestra ser el ciudadano medio.

Muchas investigaciones confirman la existencia de una gran debilidad muscular entre la población (entre otros Roy 1989, Fulton 1990). Y es que ¿de dónde puede venir actualmente una fuerza muscular suficiente? La musculatura reacciona, como cualquier tejido, a los estímulos que se le ofrecen en la vida cotidiana, y en nuestro caso éstos son más bien miserables, insuficientes y mayoritariamente isométricos, con frecuencia unilaterales y puntualmente demasiado elevados (¡lesión!). El conjunto de la población necesita alcanzar un estado de

salud y de fuerza más alto; hay que intentar anular la causa del problema, y el entrenamiento muscular diferenciado que describimos a continuación puede hacerlo.

Pero unos músculos fuertes también son capaces de producir grandes fuerzas de tracción que hacen aumentar la carga de compresión axial de la columna vertebral, como lo demuestran los modelos de cálculo y las mediciones efectuadas. En algunos casos se concluyó que cuando existía alguna dolencia de la espalda era, pues, mejor estirar y no muscular. ¡Pero es exactamente al revés! Unos valores de fuerza demasiado bajos ofrecen unas posibilidades de protección muy reducidas, y éste es justamente el problema.

Una vez más debemos afirmar que no debemos permitir que se produzcan fuerzas de tracción no fisiológicas por la acción de la propia fuerza muscular, teniendo en cuenta que hemos de prescindir de movimientos con mucho impulso o de acciones externas (Gracovetsky 1981). Las fuerzas musculares que han ido aumentando debido al entrenamiento también provocan el aumento de la solidez de las estructuras pasivas, que a su vez serán capaces de desviar fisiológicamente las grandes fuerzas de tracción y responderán con estabilidad a la acción de aplicaciones externas. (condición: ver principios EF diferenciados). Además ya hemos visto que la columna vertebral presenta el máximo de resistencia a las cargas de compresión axial. Respecto a todas las formas de carga restantes como la flexión, el empuje o la torsión, la columna presenta una estabilidad menor. Si los estabilizadores de la columna vertebral son suficientemente fuertes y están bien coordinados, será posible organizar el flujo de fuerzas principal axial a través de la columna y distribuirlo entre segmentos vertebrales más grandes, con independencia de la situación en el espacio. Esto significa que todas las cargas de torsión y de flexión se pueden reducir al mínimo y evitar así la aparición de puntos de carga máxima de tracción. Esto provoca una reducción de la carga que soportan los cuerpos vertebrales, las articulaciones interapofisarias, los anillos fibrosos y los ligamentos longitudinales. Se puede suponer también factores

de descarga de 1:3 a 1:6 en función del individuo y de la estructura de sus tejidos. Kong et al. representaron un aumento de la carga del ligamento longitudinal posterior del 65% con una reducción del 10% de la fuerza muscular en un modelo de elementos finitos (Kong).

La columna vertebral, como los demás sistemas articulares, necesita los músculos, este sistema activo y muy elástico de sostén, amortiguador y distribuidor de las cargas. ¿Qué grupos musculares pueden trabajar concretamente los diferentes perfiles de carga de la columna vertebral? Y ¿qué mecanismos de acción tienen?

a) Los siete sistemas de estabilización muscular

Cada uno de los grupos musculares estabilizadores de la columna vertebral están representados en la tabla D-9 junto con sus mecanismo de acción y serán explicados en los capítulos siguientes.

La influencia de estos sistemas de estabilización muscular ya ha quedado demostrada en el ejemplo del levantamiento de un peso en flexión anterior.

Como ya hemos visto en el capítulo D 2.2b, el levantamiento de pesos en flexión anterior con la columna recta representa mucha menos carga para la columna (ver fig. D.12). Para mantener esta postura se requiere la activación de casi todos los sistemas estabilizadores superiores de la CV (ver fig. D-21).

Si la **posición es incorrecta** (fig. D-21a) se produce el siguiente **perfil de cargas**:

Tabla D-9 Los siete sistemas de estabilización muscular de la CV

Sistema de estabilización muscular para descargar la columna vertebral	Funciones
1. Músculos extensores del tronco (todos los sistemas del erector de la columna) (y psoas como estabilizador vertical de la CL)	<ul style="list-style-type: none">• Enderezar desde la posición de flexión y de inclinación lateral• Tensión vertical de la fascia toracolumbar• Estabilización lateral y de la rotación• Postura de la CV (estática de la CV)
2. Músculos abdominales laterales (transverso del abdomen, oblicuo interno y oblicuo externo del abdomen y cuadrado lumbar)	<ul style="list-style-type: none">• Enderezar desde la posición de extensión y de flexión lateral• Tensión horizontal de la fascia toracolumbar (sin el cuadrado lumbar)• Estabilización lateral y de la rotación
3. Dorsal ancho y fibras superiores del glúteo mayor (formación de una lazada muscular)	<ul style="list-style-type: none">• Tensión diagonal de la fascia toracolumbar
4. Músculo recto del abdomen	<ul style="list-style-type: none">• Enderezar desde la posición de extensión• Influencia la estabilización y la posición de la pelvis• Postura de la CV (estática de la CV)
5. Enderezadores de la pelvis (glúteo mayor, isquiotibiales, recto del abdomen)	<ul style="list-style-type: none">• Infiuye en la estabilización y la posición de la pelvis• Estabiliza la ASI• Postura de la CV (estática de la CV)
6. Inclinadores de la pelvis (psoas iliaco, recto femoral, todos los extensores del tronco que llegan a la pelvis)	<ul style="list-style-type: none">• Infiuye en la estabilización y la posición de la pelvis• Estabiliza la ASI• Postura de la CV (estática de la CV)
7. Músculos de la CC	<ul style="list-style-type: none">• Estabilización de la CC en cualquier posición• Estabilización de la cabeza• Postura de la CV (estática de la CV)

- Puntos de carga de compresión máxima ventrales en las fibras anteriores del anillo fibroso
 - Puntos de carga máxima ventrales en los cuerpos vertebrales
 - Grandes cargas de tracción de las fibras de colágeno externas de la parte dorsal del anillo fibroso
 - Los ligamentos longitudinales se ven sometidos a una carga de tracción (exceptuando los anteriores)
 - Grandes cargas de cizallamiento actúan directamente sobre el anillo fibroso
- Si las relaciones de fuerza son suficientes y el **sistema de estabilización muscular de la columna** está activado (tabla D-9), el perfil de carga varía de la siguiente forma (fig. D-21b):
- Gran carga de compresión axial, pero son puntos de carga máxima

- Se puede desviar mejor las fuerzas de cizallamiento (por la mayor congruencia de las carillas articulares)
- Se descarga la cápsula de las articulaciones interapofisarias
- Se descargan los ligamentos longitudinales.

Los grupos musculares mostrados en la tabla D-9 tienen un amplio espectro funcional. Los mecanismos de descarga de la fascia toracolumbar y de la estática de la columna vertebral se representarán a continuación. Encontrará una descripción detallada de los mecanismos de cada uno de los grupos musculares en las regiones corporales correspondientes.

b) Función de la fascia toracolumbar

La fascia toracolumbar, compuesta por tejido conectivo resistente a la tracción, tiene un papel clave en la estabilización dinámica de la columna vertebral (Bogduk 1989). La fascia tensa el conjunto de la columna vertebral lumbar y torácica y se continúa con la fascia nuchal en la zona del cuello/nuca. Está compuesta por tres capas de diferente profundidad que a su vez están unidas con las apófisis espinosas y transversas de la columna y con las crestas ilíacas y el sacro.

Esta fascia une todas las vértebras entre sí (igual que lo hacen los ligamentos longitudinales), pero no proporciona una protección activa de la columna vertebral (sólo con flexión máxima). En este contexto la columna se compara

muchas veces con el mástil de un barco que está amarrado con los ligamentos correspondientes. Pero no debemos olvidar que la columna –contrariamente a la construcción del mástil– es muy móvil por el gran número de articulaciones del que dispone y que además se ha de sostener en *cualquier* posición. Para conseguir un amarre activo e independiente del ángulo de posición respecto al espacio, la acción única de las construcciones ligamentarias no es suficiente –aunque sólo sea por la deficiente capacidad de adaptación longitudinal de que disponen–. Sólo los músculos pueden adaptarse a la longitud deseada o requerida.

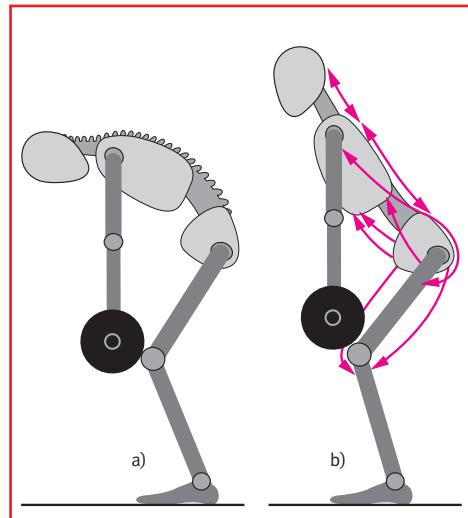


Figura D-21 Influencia de los estabilizadores musculares en la postura de la columna vertebral con carga. a) El tronco “cuelga” sólo de sus ligamentos (insuficiencia muscular). b) Están activos los músculos enderezadores de la pelvis, los músculos abdominales laterales, los extensores lumbares y torácicos del tronco, el dorsal ancho y los músculos de la CC.

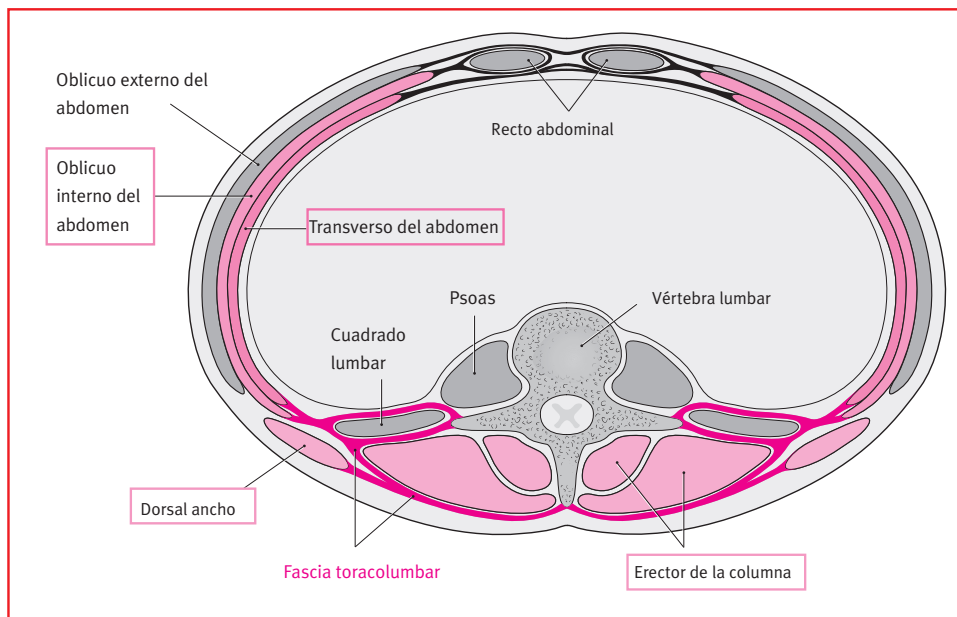


Figura D-22 Fascia toracolumbar en un corte transversal del tronco (a la altura de la CL)

La fascia toracolumbar desarrolla su función de descarga de la columna vertebral independientemente de la posición en el espacio a través de sus mecanismos de tensión muscular. Para hacerlo la fascia es tensada activamente en tres direcciones principales.

En función de la fuerza muscular esta fascia contribuirá en mayor o menor

medida a la descarga de la columna. Una fascia toracolumbar suficientemente fuerte puede distribuir las cargas externas regularmente sobre grandes segmentos vertebrales y evitar así la aparición de puntos de carga máxima y especialmente desviar las fuerzas de cizallamiento sobre una superficie mayor. Esta capacidad es sobre todo relevante para personas con

Tabla D-10 Tensión muscular de la fascia toracolumbar

Amarre horizontal	Mediante los músculos abdominales laterales profundos (transverso del abdomen y oblicuo interno del abdomen)
Amarre diagonal	Mediante el dorsal ancho y en la región de la cadera y del sacro mediante fibras del glúteo mayor; lazada glúteo/dorsal (Vleeming)
Amarre vertical	Mediante el erector de la columna (los músculos que se encuentran en la fascia la tensan mediante compresión)

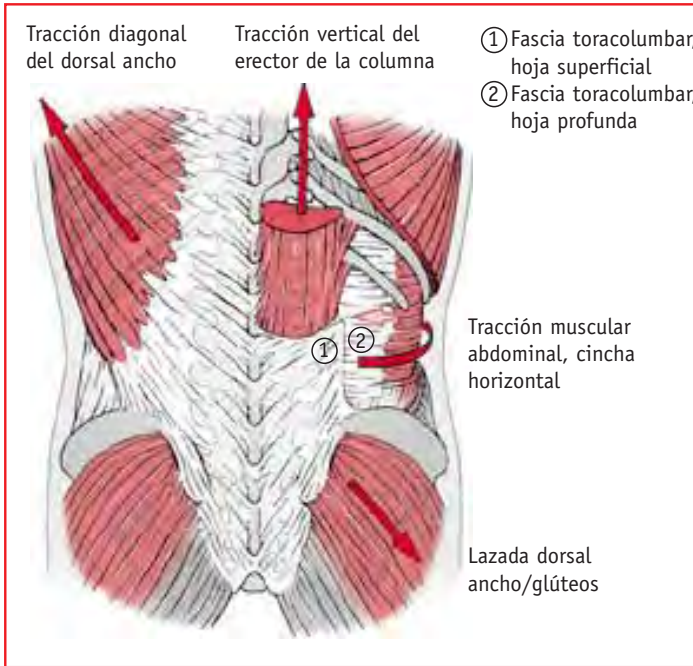


Figura D-23 Tensión muscular de la fascia toracolumbar

espondilólisis y espondilolistesis, pues en ellas la capacidad de absorción de las fuerzas de cizallamiento en el segmento afectado está especialmente reducida.

El entrenamiento muscular diferenciado de estos grupos musculares de acuerdo con los 12 principios EF y los ejercicios explicados desempeña aquí un papel relevante no sólo en el ámbito del deporte de competición y de la rehabilitación, sino también porque es muy aconsejable para todo tipo de personas con el fin de aumentar su capacidad de rendimiento y evitar la aparición de patologías.

c) Estática de la columna vertebral

Ya hemos visto que desde una perspectiva puramente mecánica las curvatu-

ras fisiológicas de la columna vertebral presentan una capacidad para soportar carga 10 veces mayor que una construcción de columna sin curvatura (espaldas totalmente redondas o dorsos planos). En una espalda redonda las curvaturas son tan marcadas que se producen grandes cargas de flexión. Desviaciones como la escoliosis también aumentan las cargas que recibe la columna por la asimetría que provocan en el flujo de fuerzas.

Por lo tanto, tendrá mucho sentido, siempre que se presenten desviaciones de las curvaturas ideales de la CV, entrenar favoreciendo la musculatura que pueda ayudar activamente a recuperar una posición ideal. Esto significa que, cuando las curvaturas sean insuficientes, se entrena-

rán los músculos que las produzcan y, cuando sean las curvaturas demasiado pronunciadas, se entrenarán los músculos antagonistas.

Con la aplicación de un entrenamiento de la fuerza a largo plazo se puede inflir en la estática fisiológica de la CV. Sobre todo se puede compensar muscularmente el déficit de amortiguación provocado por las deformaciones de la columna, lo que ya representa una importante reducción de las cargas.

Los siguientes grupos musculares que se insertan en la pelvis influyen en la posición que adoptará la pelvis y por tanto en la curvatura de la columna lumbar (fig. D-24).

Si se quiere compensar una curvatura lumbar demasiado fuerte o debilitada, se tomarán las medidas pertinentes para entrenar los respectivos grupos musculares. Pero ¡cuidado con provocar una inversión de la situación!

Éste es el motivo por el cual en el **entrenamiento de la fuerza de músculos “acortados”** se aplican paralelamente dos o tres acciones (ver cap. A 3 y principio EF 3):

1. Garantizar el entrenamiento de fuerza de los músculos “acortados” en la ADM completa con diferentes ejercicios; aumento de la movilidad (Gottlob 1997).
2. Entrenamiento de fuerza máxima de los músculos “acortados”; función de protección total.
3. Medidas de estiramiento de los músculos “acortados”; segunda medida para aumentar la movilidad.

Ejemplo: “lordosis lumbar”

Supongamos que se detecta una hiperlordosis lumbar. En este caso daremos prioridad al entrenamiento de la fuerza máxima de los enderezadores de la pelvis. Durante mucho tiempo se creyó que en este caso solamente debíamos estirar los inclinadores de la pelvis, pero en ningún caso fortalecerlos, pues ya eran “demasiado fuertes”. Según las explicaciones del cap. A y de los principios EF 3 y 12 esta afirmación no tiene ningún sentido. Evidentemente tiene sentido examinar el posible acortamiento de los inclinadores de la pelvis y realizar ejercicios de estiramiento si son necesarios, pero también se debe entrenar su fuerza con una amplitud total (ver cap. A 4 y 7-9, principio EF 12 y la información complementaria sobre desequilibrios musculares). Un músculo acortado no está acortado por “demasiada fuerza”, al contrario, cuando está acortado está siempre demasiado débil. Como ya hemos visto el acortamiento no tiene nada que ver con el tono en reposo aumentado inducido por el entrenamiento de fuerza. Posiblemente este acortamiento esté causado por una pérdida de longitud, un déficit de control, por hipersensibilidad, por ciertas adherencias musculares o por otros factores. En cualquier caso existen muchas pruebas musculares efectuadas con deportistas de todos los niveles que demuestran que los músculos acortados son aún demasiado débiles y que con el entrenamiento de la fuerza se consigue un aumento de la movilidad y una mayor potencia. Además, los inclinadores de la pelvis, extensores lumbares y psoas, cumplen una función estabilizadora de la CV esencial que sólo pueden realizar si son lo bastante fuertes, y justamente esta función es muy importante para la distribución de las cargas cuando la posición de encurvamiento no es la ideal.

Consecuencias para el entrenamiento en el ejemplo de hiperlordosis (arriba)

1. Fortalecer intensivamente los enderezadores de la pelvis; primera prioridad.
2. Entrenar los inclinadores de la pelvis en la ADM completa; diseño de los

ejercicios: extensores de columna (ver próximo cap.), psoas (ver último cap.). Grandes resistencias (entrenar preferentemente los enderezadores de la pelvis con ejercicios y series extraordinarias).

3. Estirar los inclinadores de pelvis si se ha detectado un acortamiento en la prueba.
4. Entrenar además todos los estabilizadores de la CV de la tabla D-9.

Con una hiperlordosis por ej., se debe entrenar también los extensores lumbares del tronco, que ya tienen una función de descarga de la columna vertebral. Pero se los debería entrenar en la ADM completa, lo que hasta ahora se ha olvidado muchas veces. En el capítulo siguiente encontrará los ejercicios para hacerlo.

Coordinación

Para entrenar la tan nombrada capacidad de coordinación de la musculatura de la columna vertebral debe introducir sistemáticamente ejercicios de estimulación de la propiocepción. Esto significa que, además de las máquinas aislantes utilizadas al principio, con el tiempo también se debe integrar en el programa de entrenamiento ejercicios en máquinas de tracción de poleas y, si es posible, ejercicios con halteras libres. El practicante —que se encuentra dentro del campo gravitatorio de la tierra— debe aprender a controlar las masas libres de forma coordinada y a utilizar correctamente sus cadenas musculares (ver principios EF 1, 5, 6). Para conseguirlo, son

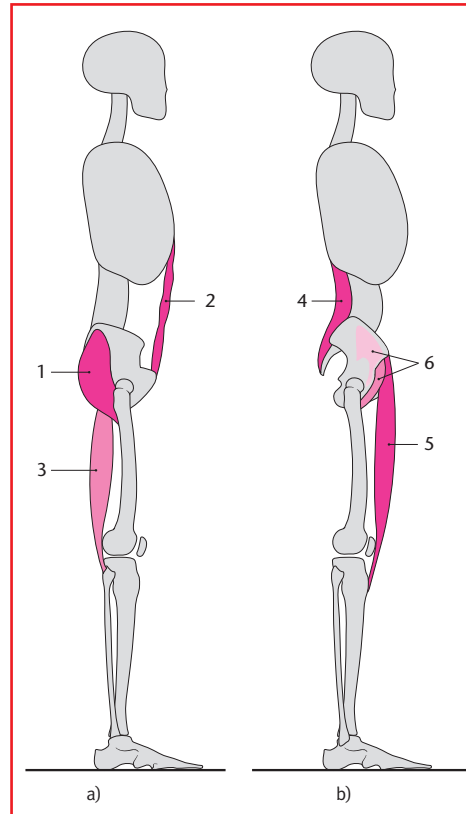


Figura D-24 Grupos musculares enderezadores de la pelvis, a) Músculos deslordosantes enderezadores de la pelvis: 1. Glúteo mayor; 2. Recto abdominal; 3. Isquiotibiales, b) Músculos lordosantes inclinadores de la pelvis: 4. Erectores lumbares de la columna; 5. Recto femoral; 6. Ilíaco

ideales los ejercicios como el peso muerto (ver último capítulo).

d) Modelo antiguo de presión intraabdominal (prensa abdominal)

Mediante la tensión del conjunto de los músculos abdominales (todas las porciones laterales y rectas) y la creación de presión a través del diafragma se puede

Tabla D-11 Consecuencias para el entrenamiento de las típicas deformaciones de la columna vertebral

Medidas	Dorso plano	Dorso lordótico	Dorso redondeado	Escoliosis
Prioridad en el entrenamiento	<ul style="list-style-type: none">• Erector de la columna lumbar• Extensores cervicales• Flexores de la cadera (psoas iliaco y recto femoral)• Recto del abdomen	<ul style="list-style-type: none">• Extensores de la cadera (glúteo mayor e isquiotibiales)• Recto del abdomen• Flexor cervical ventral• Erector de la columna torácica	<ul style="list-style-type: none">• Erector de la columna lumbar y torácica (también ejercicios multisegmentarios)• Extensores cervicales• Flexores de la cadera (psoas iliaco y recto femoral)	<ul style="list-style-type: none">• Erectores de la columna lumbar y torácica (especialmente del tracto lateral que se encuentra en la cara convexa)• Músculos transversoespinosos (especialmente las porciones de la cara convexa)
Entrenamiento de fuerza en la ADM completa y posibles ejercicios de estiramiento	<ul style="list-style-type: none">• Isquiotibiales	<ul style="list-style-type: none">• Flexores de la cadera (psoas iliaco y recto femoral)• Erector de la columna lumbar• Extensores cervicales	<ul style="list-style-type: none">• Isquiotibiales	<ul style="list-style-type: none">• Depende de la forma de la escoliosis• Rotadores y flexores laterales de la CV
Más entrenamiento de fuerza	En todas las deformaciones de la columna de esta tabla se debe practicar un entrenamiento de fuerza adicional de todos los siete sistemas musculares de estabilización según las indicaciones de la tabla D-9			

aumentar la presión en la cavidad abdominal. Este aumento de presión debería tener un efecto de descarga de la CL.

Una de las explicaciones que se dan de este fenómeno es la estabilización de la CL por la formación de unos pilares rígidos (Bartelink 1957 a partir de Bogduk 1991). Pero estos pilares rígidos no existen, porque, debido a la situación de la musculatura abdominal y de la cavidad abdominal que contiene la presión delante de la CL, el aumento de presión en la cavidad abdominal tiene siempre un efecto cifosante sobre la CL

(Gracovetsky 1985). En un recipiente cerrado la presión se reparte de forma regular en todas las direcciones. Colóquese sentado con el tronco flexionado hacia delante (columna ligeramente redondeada), aguante la respiración con los pulmones llenos y produzca presión abdominal. ¿qué ocurre con la columna vertebral? ¿se extiende o más bien se cifosa todavía un poco más? Con la flexión de la CL –por ej. al levantar un peso o durante la flexión anterior– no es posible producir fuerzas de sostén, sino que la flexión incluso se intensifica. ¡Solamente

con la extensión de la CL se pueden ejercer cierta fuerza de sostén!

Como segundo efecto se describe la fuerza de tracción que se crea a lo largo de la columna vertebral. Ésta tiene efectivamente un efecto de descarga de la columna, pero que es muy pequeño debido al límite de producción de presión intraabdominal de unos 10 kPa en contraposición con las presiones intradiscales de 1 MPa, o sea ¡factor 1:100! (Nachemson 1986).

Por lo tanto el efecto de descarga de esta presión abdominal es relativamente pequeño. Es más correcto considerar el aumento de la presión intraabdominal como consecuencia de la tensión horizontal de la fascia toracolumbar a través de la musculatura abdominal lateral que como factor de descarga.

e) Estabilización muscular en las afecciones vertebrales

El dolor de espalda es uno de los problemas más frecuentes y más costosos de los países industrializados (Graves). Más de un 80% de los adultos han sufrido al menos una vez un episodio de dolor —y la tendencia va en aumento—. Aunque sólo sea por cuestiones económicas, en los últimos años se han realizado múltiples investigaciones sobre este tema. Los resultados muestran que el dolor de espalda correlaciona con una insuficiencia de los músculos del tronco. Se han detectado déficits situados entre el 30 y el 80% (entre otros Addison; Smidt; Mayer). *Parkkola* describió junto a la reducción de los valores de fuerza de los

músculos del tronco, una reducción de la sección transversal del erector de la columna y del psoas (*Parkkola*). *Hesslink* confirmó una atrofia de las fibras FT rápidas y fuertes del erector de la columna en pacientes con dolor de espalda. En escolares que padecían dolor de espalda también se pudo constatar valores de fuerza muy pequeños de la musculatura del tronco (*Salminen*).

Los éxitos obtenidos en pacientes con afecciones de espalda mediante la aplicación del entrenamiento de fuerza son igual de espectaculares. *Manniche et al.* llevaron a cabo un programa en la universidad de Copenhague con más de 100 pacientes crónicos de espalda sin hallazgo radiológico alguno, realizando una terapia de 3 meses de duración. Se trataba de personas con edades comprendidas entre los 20 y los 70 años, que realizaron un entrenamiento 10 veces al mes con sesiones de 1,5 h de duración de entrenamiento intensivo de fuerza de la musculatura del tronco, de la cintura escapular y de la cadera. En el 93% de los pacientes los síntomas disminuyeron notablemente, y en el 47% incluso desaparecieron por completo. Los grupos de control, que fueron tratados con masaje y con ejercicios isométricos, consiguieron mejoras poco considerables. Es muy interesante saber que al cabo de un mes muchos de los pacientes del grupo de entrenamiento de fuerza aquejaron un aumento del dolor, que desapareció en el transcurso del entrenamiento. Se trataba probablemente de dolor con el movimiento provocado por la existencia de posibles

adherencias y rigideces musculares (Manniche).

El grupo de Göttingen, con *Hildebrandt* había desarrollado un programa intensivo para pacientes gravemente afectados por el dolor de espalda. Estos pacientes tenían una media de 41 años de edad, hacía más de 10 años que padecían dolor de espalda y en los últimos 12 meses habían visitado más de 45 veces al médico. El entrenamiento intensivo de 12 semanas de duración contemplaba un entrenamiento de fuerza con aparatos de 2 horas de duración diarias, además de sesiones de técnicas de relajación y de terapia de grupo. En este grupo también llamó la atención la gran insuficiencia del erector de la columna. Al final, el 62% de los participantes abandonó el programa casi sin dolor; el 80% tuvo una mejora de su bienestar corporal (*Hildebrandt*)

Wolf y *Bräuer* describen que en pacientes con la enfermedad de Scheuermann los síntomas eran menores cuanto más desarrollada estaba la musculatura del tronco (*Wolf*). Tras un entrenamiento de fuerza del 3 meses de duración de los extensores de tronco lumbares, el 87% de los pacientes crónicos de espalda con espondilolistesis manifestó un alivio del cuadro sintomático (*Nelly de Denner*).

Parece ser que los pacientes que consiguieron las mejoras más importantes de sus parámetros musculares son también quienes manifestaron alivios más marcados del cuadro sintomático (*Nelson*). De estos hechos debemos

sacar conclusiones para el entrenamiento, especialmente de los cuadros sintomáticos diagnosticables. ¡El entrenamiento de fuerza no es siempre igual! Aquí se debería diferenciar muy bien: ¿en qué dirección se ha localizado una hernia discal diagnosticada?, ¿cómo se estructura la curva de una escoliosis?, ¿qué problemas añadidos (cadera, ASI, etc.) tenemos? Todo esto nos debe servir para sacar conclusiones para la selección de los ejercicios, para una posible limitación de la amplitud, para elegir correctamente los primeros ejercicios de acompañamiento, para planificar la realización de ejercicios aislados o libres o para la correcta desviación del flujo de fuerzas.

Actualmente es posible dosificar las resistencias de los ejercicios de forma tan precisa que cualquier paciente puede realizar un entrenamiento de fuerza de este tipo sin correr tipo alguno de riesgo; probablemente el estrés de entrenamiento le parecerá menos fatigoso que las cargas cotidianas. Aun así, las resistencias de entrenamiento son suficientemente grandes para entrenar las importantes fibras FT que protegen las articulaciones. Para estas exigencias se han desarrollado nuevos ejercicios y se han diversificado los ejercicios ya existentes. Siguiendo los doce principios del entrenamiento de fuerza, las condiciones de entrenamiento específicas para cada grupo muscular y las indicaciones para los ejercicios, es posible llevar a cabo un entrenamiento con mucha precisión.

3. ENTRENAMIENTO DE LOS MÚSCULOS EXTENSORES DEL TRONCO

3.1 Función y efectos de una musculatura extensora del tronco fuerte

Como ya hemos demostrado, los músculos extensores del tronco tienen un papel muy importante en la descarga de la columna vertebral. En las investigaciones de Panjabi y de Pope se constató que con una musculatura de la espalda fuerte se podía transportar *30 veces más* de peso que con la columna vertebral sola (Panjabi 1991).

a) Anatomía

Los músculos abdominales son pocos y planos, y se ven contrastados con un sistema complicado de muchos elementos de diferentes tamaños, el de los músculos de la espalda, que poseen numerosas inserciones en las prominencias óseas de la columna, de las costillas y de la cresta ilíaca. El término general erector de la columna (también con el nombre de erectores del tronco, extensores del tronco o músculos autóctonos de la espalda) reúne un grupo de músculos cortos, profundos y largos superficiales que estabi-

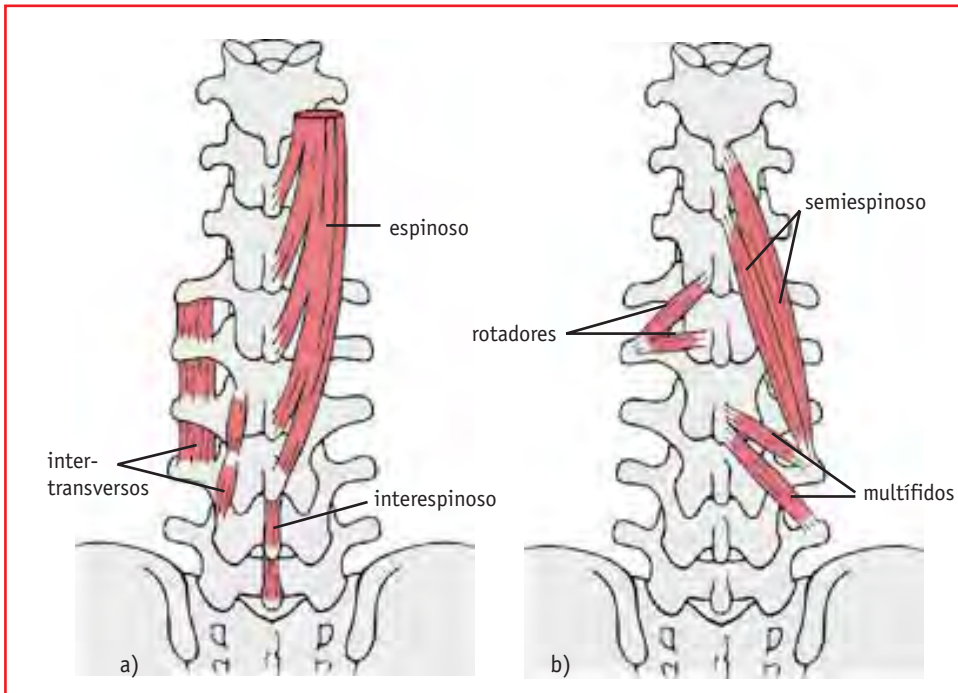


Figura D-25a- c Músculo erector de la columna
a) sistema interespinoso, b) sistema transversoespinoso

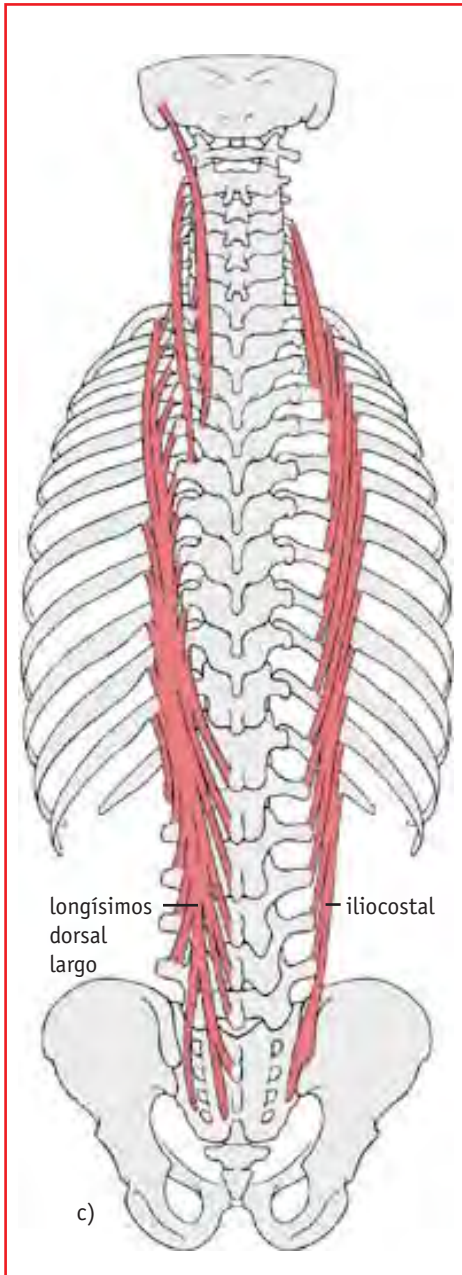


Figura D-25 c) Porciones superficiales (dorsal largo e iliocostal)

lizan la columna vertebral, enderezan el tronco y colaboran con los movimientos de rotación y de inclinación lateral de la columna en todos los planos. En función de su localización se divide el erector de la columna en un tracto lateral y un tracto medial. El tracto medial contiene los grupos espinosos profundos que unen las apófisis espinosas, como los interespinosos y los espinosos: extensores y estabilizadores directos de la columna vertebral. Por otro lado, tenemos el sistema transversoespino, cuyos haces musculares unen las apófisis transversas con las apófisis espinosas de las vértebras situadas a diferentes distancias por encima suyo (fig. D-25). Cuando se contraen unilateralmente se produce una inclinación hacia el mismo lado (ipsilateral) y/o una rotación hacia el lado contrario (contralateral).

Si existe una escoliosis (torsión lateral de la columna vertebral), los músculos transversoespino situados en el lado de la curvatura experimentan estímulos de carga unilaterales, lo que provoca desequilibrios; son éstos aspectos en los que puede influir el entrenamiento de la fuerza.

El tracto lateral contiene los transversos profundos que son reclutados durante los movimientos de extensión y de inclinación lateral por su situación de unión de las apófisis transversas de las vértebras colindantes. Encima suyo se encuentra el longísimo (dorsal largo), que se extiende desde el sacro hasta el occipital con muchos puntos de inserción en todas las apófisis transversas. De forma más marcada en la CT es responsable de la

extensión y de la inclinación lateral en todas las regiones de la columna vertebral. El iliocostal se extiende desde la cresta ilíaca hasta la CC como la parte más poderosa del erector de la columna. Este músculo se extiende primero desde la cresta ilíaca y la fascia toracolumbar hasta las costillas inferiores, las une con las superiores y acaba insertándose en las apófisis transversas de la CC.

Todas las partes del erector de la columna están situadas por detrás (posteriormente) del eje de rotación de la flexo-extensión y, por lo tanto, en cada movimiento de flexión de la columna producen un momento de frenado, de amortiguación y de enderezamiento. El erector de la columna es el único capaz de enderezar la columna desde una posición encurvada hasta la posición “recta”.

Tabla D-12 Ventajas del entrenamiento muscular diferenciado de los extensores del tronco

Ventajas del entrenamiento diferenciado de los extensores del tronco
<ul style="list-style-type: none">• El fortalecimiento de todos los músculos que forman el erector de la columna mediante un entrenamiento con amplitud completa posibilita el aumento de la estabilidad y de la funcionalidad del tronco en cualquier situación y con cualquier postura. Además de un aumento de la potencia, servirá como profilaxis ante posibles lesiones para casi todos los deportistas.
<ul style="list-style-type: none">• Las extremidades superiores e inferiores se podrán posicionar de forma más rápida y más segura durante la práctica de actividades deportivas que requieran velocidad, como los movimientos de lanzamiento, de rotación o la patadas.
<ul style="list-style-type: none">• Mejora o mantenimiento de la movilidad de la CL y de la CT.
<ul style="list-style-type: none">• Mejora general de la postura corporal, con los ya mencionados beneficios que esto conlleva para la psique.
<ul style="list-style-type: none">• Se reduce la carga de la columna vertebral por la disminución de los posibles puntos de carga máxima y por la repartición regular de las cargas entre segmentos vertebrales más amplios, especialmente:<ul style="list-style-type: none">– aumenta la capacidad de tracción vertical a través de la fascia toracolumbar– mejoran las capacidades de frenado y de regresar a la posición inicial desde posiciones máximas de flexión, de inclinación lateral y de rotación– mejora la congruencia de las arts. interapofisarias, lo que permite desviar mejor las fuerzas de cizallamiento
<ul style="list-style-type: none">• Estructuras como las arts. intervertebrales, los cuerpos vertebrales y los discos experimentan cargas de compresión y de cambio suficientes que les permiten aumentar y/o mantener su solidez.
<ul style="list-style-type: none">• Las estructuras nutridas por difusión, como los discos intervertebrales y las arts. interapofisarias, reciben un mayor flujo de nutrientes en cada ejercicio de extensión del tronco mediante el mecanismo de bombeo.
<ul style="list-style-type: none">• Llevando a cabo este entrenamiento es posible que llegue a conseguir evitar el dolor de espalda durante toda su vida (siempre que la fuerza muscular esté suficientemente entrenada y que practique el entrenamiento de forma regular).

Tabla D-13 Condiciones previas para el entrenamiento diferenciado de los extensores del tronco

Condiciones previas del entrenamiento diferenciado de los extensores de tronco	
1. ¡No podemos mover la pelvis!	Se debe evitar la actividad dinámica de los extensores de cadera y evitar los movimientos de la pelvis por motivos de carga (excepción: hiperextensión en banco reclinado). Ayudas: <ul style="list-style-type: none">• El entrenador puede fijar la pelvis con cuatro puntos de sujeción en la pelvis.• El practicante se puede controlar a sí mismo en el espejo o mediante la palpación lateral de la pelvis durante la realización del movimiento.• Colocarse en posición de sedestación en la máquinas de forma que la pelvis quede fijada.
2. ¡No extender completamente las piernas!	De forma general se debe evitar el estiramiento pasivo o el sobreestiramiento de los flexores de la pierna con carga (ver posiciones forzadas), pues se pueden provocar sobrecargas e inflamaciones de los tendones flexores de las piernas y una tensión excesiva de las cápsulas articulares de las rodillas. Ayuda: Mantener las rodillas ligeramente flexionadas en la realización de todos los ejercicios de extensión del tronco.
3. ¡Sin impulso!	Los ejercicios del extensión de tronco nunca se deben efectuar con impulso; todos los movimientos realizados deben producirse ángulo por ángulo gracias a la fuerza disponible en cada momento de los extensores del tronco (principio EF 7) Ayuda: Si el practicante se impulsa siempre, integre una pausa intermedia antes de la extensión completa (1 segundo) y permita a continuación la extensión.
4. Disposición de los ejes de rotación	En la realización de ejercicios con máquinas de un solo eje se debe trabajar con 3 segmentos (máximo 5) y escoger ejes de rotación profundos a la altura de L4/L5. Los ejercicios libres se pueden organizar libremente.
5. Integrar ejercicios movilizadores de enrollamiento	Además de los ejercicios aislados y por segmentos, se debe integrar también ejercicios multi-segmentarios que permitan mejorar la coordinación.
6. Fijación de la CL en el entrenamiento torácico	Es muy aconsejable iniciar rápidamente el entrenamiento de los extensores del tronco torácicos. Para la realización de estos ejercicios fijar la CL mediante: <ul style="list-style-type: none">• contracciones isométricas → en ejercicios libres• apoyo en acolchados → en ejercicios con máquinas.
7. Comprobar con anterioridad la existencia de posibles patologías vertebrales	Antes de iniciar el tratamiento se debe realizar un reconocimiento médico para conocer la existencia de posibles lesiones de la CV. Como ya hemos mostrado, la práctica del entrenamiento de fuerza es muy aconsejable en caso de padecer dolor de espalda, pero debemos conocer exactamente cuáles son las estructuras dañadas y si la lesión es aguda. En función del estado constatado se elegirán unos ejercicios u otros o se limitarán los movimientos.

En posición de flexión lateral de la columna, las porciones respectivas del erector de la columna que se encuentran fijadas en el otro lado del eje de flexión lateral (contralateral) pueden actuar como antagonistas de la fuerza de la gravedad. Además los extensores de tronco, con sus puntos de inserción segmentarios, son capaces de realizar ajustes finos en los diferentes planos vertebrales.

b) Ventajas del entrenamiento diferenciado de los extensores del tronco

La debilidad crónica de la musculatura extensora de la espalda no es un fenómeno exclusivo de las personas que sufren dolor de espalda, sino que la presenta en forma general la mayoría de la población de las sociedades industrializadas (Fulton 1990; Roy 1989). La subestimulación permanente de la musculatura y la aplicación de cargas cotidianas mayoritariamente estáticas provocan importantes pérdidas de fuerza y también de movilidad, un déficit nutricional de la columna vertebral y a largo plazo dolor y disminución de la fuerza. Por el contrario, un erector de la columna fuerte proporciona numerosas ventajas (tabla D-12).

3.2 Consideraciones previas para el entrenamiento de los extensores del tronco

Para alcanzar los efectos y ventajas expuestos en la tabla D-12 se debe practicar ejercicios de entrenamiento con resistencias y con amplitudes del movimiento

suficientes. Se trata de conducir la columna, por segmentos o de forma multisegmentaria, desde una posición de flexión hacia una posición de extensión superando una resistencia suficientemente alta, y sin cargar innecesariamente las estructuras pasivas al hacerlo. Se debe escoger la dirección de la resistencia, la posición de la pelvis y el eje de rotación en correspondencia.

a) Reglas de entrenamiento

Además de atenernos a los doce principios EF, se debe respetar también las siguientes condiciones para evitar provocar cargas de deformación innecesarias y para garantizar un entrenamiento preciso de los extensores del tronco (Tabla D-13).

b) Resistencias de entrenamiento

Puede que el peso del cuerpo ya sea suficiente como resistencia de entrenamiento, pero en muchos ejercicios es insuficiente y en otros, demasiado alto. En el primer caso se trata de ejercicios de gimnasia –que también tienen efectos beneficiosos respecto al aporte de nutrientes pero que no se mueven dentro de los valores necesarios para conseguir un aumento de la fuerza– y en el otro se puede llegar a producir cargas críticas. Será necesario, pues, analizar detalladamente cada ejercicio. Las fórmulas estándar del tipo “entrenamos sólo con el peso del cuerpo” son demasiado indiferenciadas”.

De forma general debemos procurar que en la fase concéntrica, especialmente

durante los movimientos de rotación y de inclinación, se produzca “auténtico” trabajo físico.

Si se utilizan masas para el entrenamiento, se debe producir un aumento de la energía potencial durante la fase concéntrica del movimiento. El ejercicio de inclinación lateral en bipedestación con una mancuerna en cada mano, por ej., no es un ejercicio de fortalecimiento, pues la elevación de un lado está compensada por el descenso forzado en el otro lado. El estímulo de entrenamiento se mantiene por debajo del umbral a pesar de que se crean grandes cargas para la CV, y se corre el riesgo de realizar el movimiento con impulso y de que algunos principiantes se motiven erróneamente por la fascinación de “mover grandes pesos”.

c) Amplitud del movimiento

Solamente podremos conseguir los beneficios mencionados si se integran ejercicios con ADM total (ver principio EF 3). A modo de ejemplo, los ejercicios en decúbito prono sobre el suelo no son válidos porque en este caso sólo podemos aplicar resistencias isométricas y únicamente se producen amplitudes del movimiento muy pequeñas. Muchos ejercicios de gimnasia o de rehabilitación para la región extensora son isométricos y de muy poca amplitud, y ofrecen posibilidades de entrenamiento muy limitadas para las estructuras implicadas, por lo que los efectos conseguidos también serán pocos. Si los estudiamos detenidamente, veremos que muchos ejercicios denominados dinámicos de los extensores del

tronco acaban relevándose como ejercicios dinámicos de los extensores de la cadera, con una implicación puramente estática de los extensores del tronco. Las órdenes de entrenamiento estándar del tipo “mantener la columna recta” o “mantener el tronco erguido” son contra-productivas en el entrenamiento de los extensores.

La vida cotidiana ya nos ofrece suficientes cargas estáticas; justamente el gran problema de esta sociedad del trabajo automatizado es la falta de movilidad con estímulos de carga suficientemente altos, lo que se puede compensar con la práctica del entrenamiento. Además, en ejercicios de entrenamiento de fuerza libres (con barras, con poleas) como la sentadilla o el press de hombros sobre la cabeza, los extensores del tronco ya se ven solicitados estáticamente para estabilizar la CV.

En los ejercicios funcionales de los extensores del tronco del entrenamiento muscular diferenciado hay que mover la columna segmento a segmento o de forma multisegmentaria desde una posición flexionada o de cifosis (estiramiento de los extensores del tronco) hasta una posición de extensión o de hiperlordosis (acortamiento de los extensores del tronco) contra resistencia. Antes de que algún lector piense que esta práctica provoca una carga demasiado importante para la columna vertebral y que la posición de hiperlordosis se debe evitar de forma general, consideremos la situación de forma diferenciada y sin prejuicios. Si no está contraindicado por problemas de

salud, el entrenamiento con ADM total es necesario y funcional. La cuestión que se plantea aquí es más bien si al practicar un entrenamiento con ADM total se producen cargas perjudiciales. Esto depende exclusivamente, como ya sabemos, de la estructuración del ejercicio. En este caso debemos analizar detalladamente la carga que se produce en los dos puntos finales del movimiento.

Cálculo de la fuerza en posición de extensión máxima

Si, estando en bipedestación, extendemos el tronco todo lo posible hacia atrás, se crea una posición de hiperlordosis y la CL se ve sometida a una carga muy importante. El momento de rotación del peso de la parte superior del tronco que se incrementa a medida que aumenta la hiperlordosis hace que ésta aumente

todavía un poco más y que se cree una situación de posición forzada que sólo se puede controlar mediante una importante actividad muscular.

En los siguientes ejercicios de entrenamiento se han elegido otros perfiles de resistencia. En el ejercicio de “hiperextensión inclinada”, por ej., el momento de rotación del peso de la parte superior del tronco $M_3 = G \cdot l_3$ actúa contra los momentos de rotación extensores de la musculatura extensora (ver fig. D-26). En posición de extensión máxima, con el agotamiento muscular se produce una deslordotización y, en este caso, ninguna posición forzada.

Razones para una posición de extensión máxima en los ejercicios de extensión de tronco

- No se provoca una posición forzada: el gran momento de rotación ($G \cdot l_3$) actúa contra el movimiento de extensión y tiene un efecto deslordosante sobre la columna vertebral. Cuando se produce el agotamiento de los extensores del tronco (última repetición) con la estructuración de este ejercicio, no se producen cargas perjudiciales.
- No se llega a provocar una reacción de tope articular en la posición de extensión máxima, pues la movilidad articular activa (a la que se llega mediante la fuerza muscular) es siempre menor que la movilidad articular pasiva siempre que no se efectúen movimientos de impulso ni movimientos de la pelvis (ver principio EF 3).

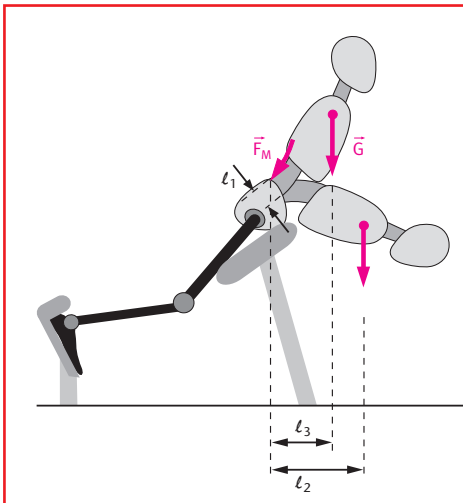


Figura D-26 Valoración simplificada de las fuerzas en el ejercicio de extensión de tronco, (Ejemplo: Hiperextensión inclinada)

- Solamente con la propia fuerza (sin impulso), por la contracción de un grupo muscular, es imposible provocar un estímulo perjudicial demasiado alto (Gracovetsky 1981).
- La posición de extensión máxima es importante para conseguir los efectos beneficiosos de un entrenamiento con ADM total según las indicaciones del principio EF 3 y las ventajas ya mencionadas.
- Las articulaciones vertebrales son sometidas especialmente a cargas de cambios de presiones fisiológicas y se consigue un aumento total de la capacidad de rendimiento que actúa estabilizando y protegiendo justo en posiciones extremas de la columna.

Cálculo de la fuerza en posición de flexión máxima

Según se muestra en la figura D-26, en la posición de máxima flexión actúa un momento de rotación $M_2 = G \cdot l_2$. Pero el momento de rotación de la parte superior del tronco actúa ahora en la dirección de la posición máxima del ejercicio. Esto significa que en la posición de máxima flexión se produce una posición forzada y solamente los extensores son capaces de sacar la parte superior del tronco de esta posición. A medida que estos músculos se agotan la posición se hace más problemática. Se debe procurar que este momento de rotación no sea demasiado grande o que no se alcance la posición de flexión máxima, sobre todo al final de la serie.

¡Es incomprensible cómo hasta ahora se ha visto la posición de máxima flexión

como la menos perjudicial y la de extensión máxima como la más problemática!

Limitaciones del movimiento

La limitación de los movimientos puede indicarla por el médico por la existencia de dolor agudo, por limitaciones de salud o durante un período determinado durante la fase de rehabilitación. Por ej., después de sufrir una hernia discal dorsal la flexión de columna durante la fase de rehabilitación puede ser problemática, y en cambio la posición de extensión tal vez no sea ningún problema. Estando en posición de flexión las láminas dorsales del anillo fibroso experimentan un aumento de la carga de tracción y el núcleo pulposo se desplaza dorsalmente, lo que podría ser todavía más crítico para esta región ya lesionada, y más si añadimos un resistencia de entrenamiento. Estando en la posición contraria, las láminas ventrales que en este caso concreto no estaban lesionadas, serán las que soporten más carga de tracción.

Al elegir los ejercicios hemos de procurar que el momento de rotación en posición de flexión se mantenga reducido, y hay que limitar la amplitud regulando la flexión. En el entrenamiento de extensión en una “hiperextensión horizontal” los momentos de rotación en posición de flexión son mínimos por el reducido brazo de palanca y la flexión máxima es casi imposible, o sólo sería posible si activáramos conscientemente los músculos abdominales. También se podrá trabajar en un “erector” con limitador de ángulo de flexión ajustable siem-

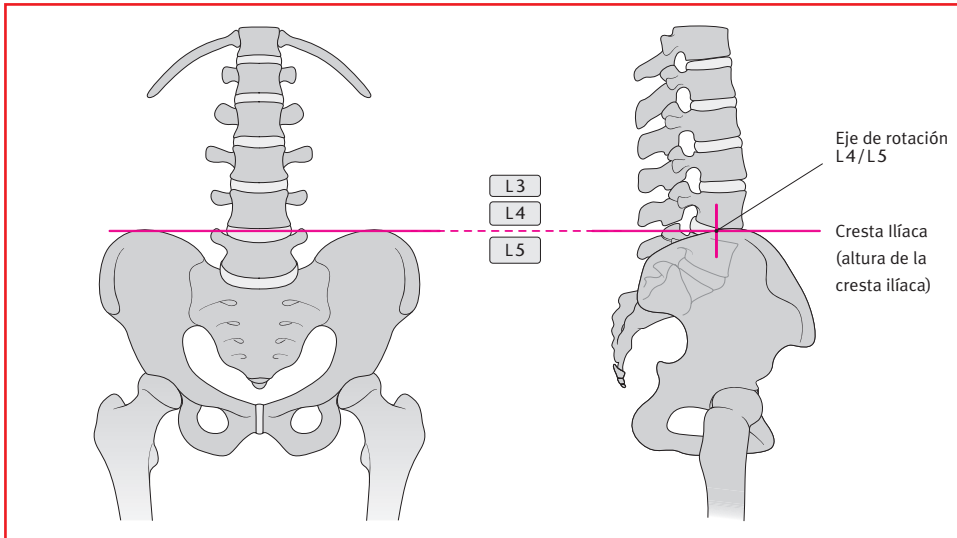


Figura D-27a+b Determinación de los ejes lumbares de L4/L5:

a) Línea de unión de la cresta ilíaca

pre que el eje de rotación se pueda ajustar de forma precisa.

Las indicaciones médicas y las específicamente deportivas deben ser consideradas para escoger adecuadamente los diferentes parámetros de resistencia, movimiento y estabilización. Todos los ejercicios que exponemos a continuación –exceptuando los ejercicios especialmente indicados para alumnos avanzados– pueden ser practicados con pacientes. En cada ejercicio encontrará indicaciones sobre las posiciones finales máximas.

El entrenamiento de los extensores del tronco se clasifica en función de los segmentos afectados y de los ejes de rotación en entrenamientos **lumbar**, **torácico** y **multisegmentario**. Los ejercicios de rotación y de inclinación lateral puros de la CV se exponen en el capítulo sobre los músculos abdominales sinérgicos.



b) Palpación de las crestas ilíacas

3.3 Puntos de orientación en el cuerpo y presas auxiliares

Para los siguientes ejercicios de entrenamiento explicamos dos presas de ayuda muy útiles que permiten encontrar más rápidamente el eje de flexoextensión para la colocación y orientación en el ejercicio.

a) Determinación de eje de rotación

Cada segmento vertebral tiene un eje de flexoextensión que está localizado en el núcleo pulposo. Los ejercicios de extensión de tronco y los abdominales se realizan en correspondencia alrededor de uno o diversos ejes de flexoextensión.

El eje de rotación más bajo (caudal) está situado a la altura de L5/S1, es decir, en la región de transición lumbosacra. Muchas veces se puede ver la realización de ejercicios de extensión de tronco en los que el eje de movimiento se encuentra a la altura de la articulación de la cadera, ¡lo que implica una activación

forzada de los extensores de cadera! Para orientarse de forma rápida y segura se puede localizar el eje de rotación de L4/L5.

Localización del eje de rotación de L4/L5 por la cresta iliaca

Sitúese de pie o sentado detrás del practicante y coloque las manos lateralmente en su cintura. Baje los dedos hasta que se encuentre con la prominencia ósea formada por las crestas ilíacas. La línea de unión que forman sus pulgares por detrás marca el nivel de L4/L5.

Determinación de otros ejes de rotación

Partiendo del eje de L4/L5 podrá determinar los demás ejes de movimiento.

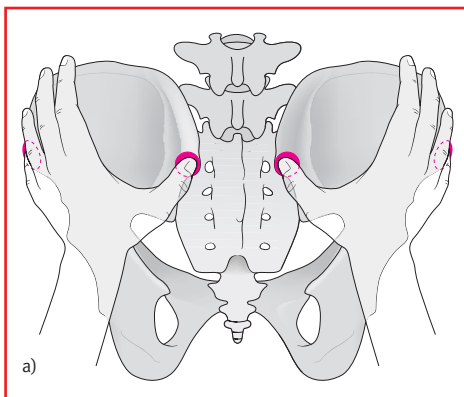


Figura D-28 4 puntos de presa (posterior) para estabilizar la pelvis:
a) Posicionamiento de los dedos



Figura D-28 Continuación
b) Utilización de la presa en la hiperextensión oblicua

to desplazándose entre 3,5 y 4 cm por segmento . De este modo puede localizar por ej. el eje de L1/L2 unos 10-12 cm por encima del eje de L4/L5.

Entrenamiento con máquinas de un eje

La determinación de los ejes de rotación es especialmente crítica en máquinas de un eje para el entrenamiento de los extensores del tronco y de los abdominales. Si por ej. entrena segmentos vertebrales que se encuentran muy alejados de los ejes de rotación de la máquina, éstos se verán sometidos a cargas adicionales que aumentan en relación con la distancia (por ej. el “erector”). Lo ideal sería entrenar la región lumbar baja (segmentos L3/L4 – L4/L5 – L5/S1) con el ajuste L4/L5. Para entrenar la región lumbar superior (T12/L1 – L1/L2 – L2/L3) debe ajustar el eje correspondientemente a la altura de L1/L2. Ahora se posicionará unos 12 cm más bajo que antes.

b) Presa de los 4 puntos en la pelvis (posterior)

Los ejercicios de los extensores del tronco se ejecutan erróneamente con la activación de los extensores de la cadera. Las razones que explican la activación más o menos automática de este grupo muscular son la existencia de unos músculos extensores demasiado débiles y el déficit de movilidad en la CL y la CT. Algunas órdenes dadas incorrectamente por el entrenador, tipo: “ir hacia delante y hacia atrás con la espalda recta” no le dejan otra opción. Si se activan los extensores de la cadera, aumentan indirectamente las cargas de

compresión y de empuje de la CL y, además, aumenta el riesgo de realizar el ejercicio de forma demasiado dinámica. Muchos entrenadores desconocen la necesidad de aplicar medidas correctoras. La implicación dinámica de los extensores de la cadera se puede reconocer y evitar fácilmente mediante el movimiento forzado de la pelvis. Para transmitir las correcciones necesarias al practicante necesitamos la presa de los cuatro puntos de la pelvis (posterior).

El entrenador abarca con sus dedos las crestas ilíacas anterosuperiores por delante y las crestas ilíacas posterosuperiores con los pulgares por detrás. Si sus manos son demasiado pequeñas o la pelvis que examina es demasiado grande, coloque sus pulgares igualmente sobre las crestas ilíacas posterosuperiores y los dedos restantes abarcando el hueso ilíaco (ver antes).

Ahora puede notar el menor movimiento de inclinación de la pelvis. Si durante la realización del ejercicio se producen movimientos de enderezamiento de la pelvis, el entrenador actúa contra este movimiento empujando con ambos pulgares sobre las crestas ilíacas posteriores. E inversamente, cuando se produzca un movimiento de inclinación de la pelvis, el entrenador traccionará con sus dedos desde la cresta ilíaca anterosuperior en sentido contrario.

c) Presa de palanca en las costillas (entrenamiento de los extensores del tronco)

Para ayudar en la realización del movimiento de extensión (especialmente

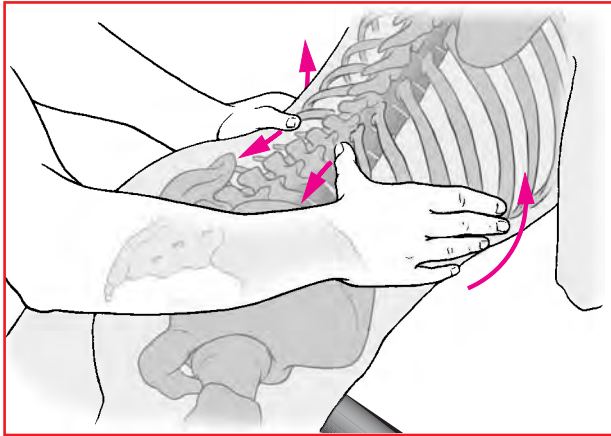


Figura D-29a + b Presa de palanca de las costillas para apoyar el movimiento de extensión en el ejemplo de la hiperextensión oblicua:
a) Posicionamiento de las manos

si se presentan dificultades de movilidad o de coordinación), es posible utilizar la presa de palanca con las costillas. Para hacerlo debe situarse detrás del practicante y colocar los dedos a ambos lados del cuerpo (los cuatro dedos en la parte ventral y lateral y el pulgar en la parte posteroinferior) en los arcos costales.

Durante la realización del ejercicio acompañe el movimiento con los dedos, empujando los pulgares hacia arriba y hacia delante y los dedos hacia abajo y hacia atrás durante la flexión e inversamente durante la extensión, o sea, pulgares hacia atrás/abajo y dedos hacia delante/arriba.

3.4 Entrenamiento de los extensores del tronco lumbares

El entrenamiento de los extensores lumbares del tronco se realiza alrededor de los ejes de rotación de la CL. Las amplitudes del movimiento de la CL llegan a ser 90°, teniendo en cuenta que se debe anular la actividad dinámica de los extensores de la cadera.



b) Realización de la presa

Para comprender mejor el entrenamiento y para mejor los siguientes ejercicios se debe haber leído los capítulos B 3, C y D.

a) Erector lumbar en bipedestación

Este ejercicio se puede realizar en cualquier lugar –estaría bien practicarlo

por ej. en las pausas durante viajes largos o en pausas intermedias durante un duro día en la oficina– y sin material alguno. Si además utilizamos una banda elástica (tipo *theraband* o *tube*) se puede realizar muchas variantes. A pesar de su simplicidad aparente, es un ejercicio muy efectivo y muy seguro. Lo más importante, como siempre, es que se realice de forma muy precisa.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Erector de la columna, porciones lumbares (especialmente: interespinosos [espinosos, interespinosos, intertransversos] y transversoespinales [rotadores, multífidos, semiespinoso], músculos de la CL y porciones lumbares del iliocostal y del longísimo)

Estabilizadores:

- El conjunto de la cadena extensora de la cadera y la rodilla y los isquiotibiales
- Erector de la columna, porciones torácicas
Músculos de la CC

Realización del ejercicio

Posición de partida

- Coloque los pies paralelos separados la anchura de los hombros y coloque las rodillas en posición de ligera flexión. Contraiga conscientemente los músculos glúteos para evitar cualquier desviación de la pelvis durante la realización del ejercicio.

- Al principio del ejercicio puede fijar la resistencia de entrenamiento mediante la elección del ángulo de la pelvis. Una posición relativamente enderezada de la pelvis ofrece una resistencia menor que una posición más inclinada hacia delante (variación del brazo de palanca del cuerpo) (fig. D-30).

Realización

- Flexione la parte superior del cuerpo alrededor del eje de rotación de la CL hacia delante y enderézela de nuevo levantándola contra la fuerza de la gravedad sin mover las rodillas ni las caderas durante el movimiento (ver tabla D-13).
- Puede colocar los brazos cruzados delante del pecho (fig. D-31), colocarlos sobre las caderas o abrirlos hacia arriba al realizar el movimiento.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe utilizar la presa de los tres puntos y comprobar el movimiento de la pelvis del practicante durante el movimiento de enderezamiento de la columna vertebral. Si la pelvis se mueve, debe efectuar las presiones correspondientes para ayudarlo a mantener la fijación de la pelvis.
- Para acompañar el movimiento, el **entrenador** efectúa la presa de palanca de las costillas con la finalidad de guiar el movimiento de flexión y de extensión de la CL.
- Como **practicante** puede controlar el enderezamiento de la columna mirán-

dose en un espejo y colocando las manos en las crestas ilíacas para detectar usted mismo los movimientos de la pelvis y aprender así a controlarlos.

Variante de entrenamiento: realización con tube

- Si realiza el ejercicio con un tube, mantenga la presa de los brazos con

las asas del tube fija, de forma que la goma se estire al máximo durante el movimiento de enderezamiento de la columna (resistencia adicional). De forma opcional también se puede levantar los brazos hacia arriba con el movimiento de extensión, lo que provoca un estiramiento todavía mayor del tube y por tanto una mayor fuerza de tracción.



Figuras D-30a + b Determinación de la resistencia de entrenamiento mediante la posición de la pelvis

a) Resistencia de entrenamiento reducida con la pelvis relativamente enderezada

b) Mayor resistencia de entrenamiento con la pelvis ya bastante inclinada

- Ate el tube a un objeto pesado antes de iniciar el ejercicio (a los puntales de una máquina de entrenamiento, a los pies de una mesa, etc.) y asegúrese de que éste no podrá moverse y de que la goma no podrá deslizarse. La fijación de la goma debe estar más baja que los brazos.
- Para aumentar la resistencia puede hacer dos cosas: alejarse del punto de anclaje de la goma, consiguiendo así

un mayor estiramiento del tube = mayor fuerza de tracción, o utilizar tubes de diferentes resistencias o incluso utilizar dos tubes a la vez. Como en todos los ejercicios con tubes, debe asegurarse de que la goma no se puede romper durante la realización del ejercicio (revisar posibles desgastes, fisuras, un estiramiento demasiado importante, etc.)



Figuras D-31a + b Realización del ejercicio "erector lumbar en bipedestación" con la pelvis en posición de ángulo medio

a) Posición inicial

b) Posición final

Amplitud del movimiento

- La posición de **extensión máxima** no presenta ningún problema siempre que no se alcance o se sobrepase la posición de cero 0°. Debe quedarse en la posición de 10 a 20° de la columna vertebral antes de llegar a la extensión. Esto significa que, cuando elegimos la posición de la pelvis, ésta no se puede enderezar más. Con la utilización del tube la situación presenta todavía menos problemas por la fuerza de tracción adicional creada por la goma.
- La **posición más flexionada** con la pelvis muy inclinada provoca mucha carga. De forma general se debería evitar la flexión máxima. Si además existen algunas limitaciones médicas

hay que limitar todavía más el movimiento. Con la pelvis relativamente enderezada la posición se vuelve ya mucho menos crítica (la utilización del tube tiene mucho sentido), igual que con ejercicios como el de la hiperextensión horizontal que presentamos a continuación, pues en estos ejercicios la reducción de los brazos de palanca provoca momentos de rotación mucho más pequeños.

b) Hiperextensión (horizontal e inclinada)

Este ejercicio de extensión clásico, denominado también “extensión *back*”, se realiza en aparatos pequeños con un soporte acolchado para los muslos y caderas y otro para las piernas o para los pies. Diferenciamos entre ejercicios de



Figuras D-32a + b Erector lumbar en bipedestación con la utilización de un tube
a) Posición inicial
b) Posición final

hiperextensión horizontales e inclinados que se complementan muy bien por sus aplicaciones y por sus efectos.



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Erector de la columna, porciones lumbares (especialmente músculos interespinosos y transversoespinosos de la CL y porciones lumbares del ilio-costal y del longísimo)

Estabilizadores

- Conjunto de la cadena muscular extensora de la cadera y la rodilla
- Erector de la columna, porciones torácicas
- Extensores de la CC

Posición del ejercicio

Hiperextensión horizontal

Los soportes de las piernas han de ser horizontalmente ajustables para permitir la posición en flexión de las articulacio-

nes de la rodilla durante la realización del ejercicio (¡en algunos aparatos estos acolchados están tan bajos que se provoca una posición forzada de las rodillas!).

- Coloque los acolchados de las piernas de forma que éstas queden fijadas cómodamente y se evite la hiperextensión de las rodillas durante la realización del movimiento (ver condiciones para el entrenamiento de los extensores lumbares).
- Para los hombres se debe prever un orificio central en los acolchados de la pelvis/muslo.
- Sujétese a la parte anterior del aparato y colóquese con los muslos sobre el soporte de la pelvis al mismo tiempo que desliza las piernas en el rollo de los pies.

Hiperextensión inclinada

Los aparatos de hiperextensión forman un ángulo de 30 a 50° con la horizontal. El soporte medio para la pelvis y los muslos, así como el de los pies, deben ser ajustables y ha de ser posible colocar



Figuras D-33 a + b

a) Realización del ejercicio de hiperextensión horizontal, posición inicial



b) Realización del ejercicio de hiperextensión horizontal, posición final

las rodillas en flexión. Va bien utilizar este aparato al principio, pues la colocación es mucho más fácil para los principiantes.

- Colocar el acolchado de los muslos y la pelvis de forma que la pelvis quede completamente apoyada; la cresta ilíaca anterosuperior debe estar en contacto con el soporte. Los alumnos avanzados pueden colocar el soporte un poco más abajo, de forma que las crestas sobresalgan del acolchado.
- Colocar ambos pies simétricos y estables (los talones presionan contra los soportes de los pies), mantener las rodillas flexionadas y colocar la pelvis como acabamos de describir.

Realización del ejercicio

- Flexione lentamente la CL de forma que la parte superior del tronco se mueva hacia abajo formando una curva.
 - **Hiperextensión horizontal**
Flexionar hasta que el cuerpo quede casi “colgando” libremente.
 - **Hiperextensión inclinada**
Finalizar la fase de flexión unos 5-10° antes de llegar a la flexión máxima posible.
- Extienda lentamente la CL al tiempo que endereza la parte superior del tronco (no la pelvis) actuando contra la fuerza de la gravedad hasta que llegue a la posición de máxima lordosis lumbar, o sea, hasta que sobrepase la horizontal en la hiperextensión horizontal (solamente extensión de la CL) y hasta que se sitúe por encima de la

línea del cuerpo en la hiperextensión inclinada.

- La CT se mantiene extendida durante el movimiento, el tórax está erguido. El movimiento de flexoextensión tiene lugar exclusivamente en la CL.
- Si el movimiento se realiza con demasiado impulso (especialmente en principiantes), el practicante debería efectuar transitoriamente una pasua de aprox. 1 segundo antes de llegar a la posición final y realizar a continuación el movimiento de extensión restante lentamente.
- Puede mantener los brazos cruzados sobre el pecho, colocarlos detrás de la cabeza (al tiempo que activa los extensores de la CC) o levantarlos lentamente acompañando el movimiento.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe utilizar la presa de los cuatro puntos y comprobar que la pelvis del practicante no se mueva durante el movimiento de enderezamiento de la columna. Si lo hace, debe presionar en sentido contrario para ayudar al paciente a mantener la **fijación de la pelvis** (fig. D-35a).
- Para **acompañar los movimientos** de flexión y de extensión, el **entrenador** adopta la presa de palanca con las costillas (fig. D-35b).
- Como **practicante** se puede autocontrolar observándose en un espejo o colocando las manos sobre las crestas ilíacas durante el enderezamiento de



Figuras D-34a-c

a) Realización del ejercicio de hiperextensión inclinada, posición inicial



b) Realización del ejercicio de hiperextensión inclinada, posición media

la columna con el fin de detectar posibles movimientos de la pelvis y aprender a evitarlos.

Curva de resistencia

Se debe diferenciar las curvas de resistencia que se producen en estos dos tipos de aparato. En la hiperextensión inclinada se alcanza el máximo de carga con la columna flexionada unos 45°; en la hiperextensión horizontal no se alcanza hasta los 0°: en la posición básica de la columna. En la posición de flexión máxima en el ejercicio inclinado la CL experimenta un 70% de la carga máxima; en el ejercicio horizontal en cambio casi un 0%. En este caso la columna sólo experimenta una carga de tracción. Debido a las diferencias en las cargas que caracterizan estos ejercicios, es aconsejable que se practiquen los dos, acentuando lo que más nos interese según la aplicación en rehabilitación o en el deporte de competición.



c) Realización del ejercicio de hiperextensión inclinada, posición final

Aumento de las resistencias

Discos de peso

Si el peso de la parte superior del tronco no es suficiente como resistencia de entrenamiento se, podrá utilizar discos de pesas para aumentarla. Realice el mismo movimiento que antes, pero sosteniendo ahora el disco de pesas con ambas manos delante del pecho. Debe coger siempre los pesos una vez se haya colocado correctamente en el aparato.

Si el **practicante ya está muy avanzado** y posee una musculatura de la CC suficientemente fuerte, también puede colocar el peso detrás de la cabeza, pero debe mantener la contracción de los

extensores de la CC para estabilizar la columna y el disco debe ser controlado permanentemente con las manos. La activación simultánea de los extensores de la CC facilita la activación de los extensores lumbares del tronco. Evidentemente, esta variante sólo es adecuada para los deportistas con mucha experiencia. Los **deportistas de competición** también utilizan barras colocadas sobre la cintura escapular.

Tube/bandas elásticas

También se puede aumentar la dificultad del ejercicio fijando un tube en el suelo. Se podrá variar la resistencia



Figuras D-35a+b Correcciones del ejercicio

a) Presa de los cuatro puntos

b) Presa de palanca de las costillas

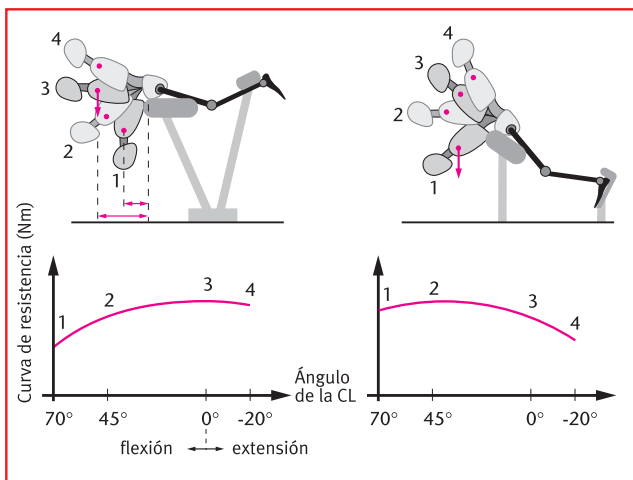


Figura D-36 Comparación de las curvas de resistencia
a) Hiperextensión horizontal
b) Hiperextensión inclinada

jugando con la dureza y la longitud de las gomas. Durante la realización del ejercicio se debe mantener las asas de las gomas simétricas y cerca del cuerpo.

Tracción de poleas

También es ideal aumentar la resistencia mediante la instalación de un aparato de tracción de poleas. Se deben instalar las poleas muy bajas y colocar el aparato de hiperextensión lo más cerca posible del aparato de tracción.

Amplitud de movimiento

- La posición de **extensión máxima** no es problemática en ninguna de las posiciones. En la hiperextensión inclinada es condición esencial que el ángulo de inclinación del acolchado de la pelvis respecto a la horizontal no sobrepase los 45° (máximo 50°).
- **Posición de flexión máxima**
 - Hiperextensión horizontal: dado que en la posición de flexión máxima ya no se crea ningún momento

de rotación cifosante significativa, sino que la columna se ve sometida esencialmente a tracción, esta posición no es nada problemática. Unos de los pocos ejercicios existentes con posibilidades de flexión no problemáticas.

- Hiperextensión inclinada: como que en la posición de máxima flexión actúa un momento de rotación de aprox. el 70% del valor máximo, se debe continuar con la flexión, pero sin llegar a la posición de flexión máxima (se provoca una posición forzada). Se debe evitar los últimos 5-10° de flexión.

Observaciones

En investigaciones realizadas en más de 100 instalaciones de fitness a lo largo de los últimos años se ha encontrado que aprox. el 90% de los practicantes efectúa movimientos de pelvis durante la realización de estos ejercicios. Como ya hemos explicado, esto conlleva una

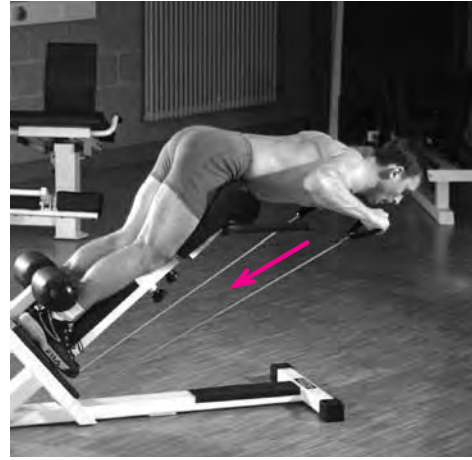


Figura D-37a+b Aumento de la resistencia en la hiperextensión inclinada
a) Utilización de un disco
b) Utilización de un tubo

reducción de la amplitud del movimiento de los extensores del tronco y una sobrecarga de la CL. Es tarea de los entrenadores explicar la técnica de ejecución correcta de los ejercicios y controlar que se ejecuten correctamente mediante la presa de los cuatro puntos. Si usted como practicante no se siente completamente seguro de estar haciendo el ejercicio de manera correcta, hable con su entrenador y deje que compruebe exactamente la posición de su pelvis durante el ejercicio.

c) Hiperextensión declinada

En contraposición con los ejercicios que acabamos de describir aquí se invierten los puntos móviles y los puntos fijos de la musculatura extensora lumbar. Este ejercicio es ideal para movilizar la pelvis, aumentar la capacidad de coordinación y fortalecer los extensores que se insertan en el sacro y en el ilíaco.



Grado de dificultad: medio (3)

Músculos entrenados

Agonistas

- Erector de la columna, porciones lumbares inferiores (especialmente las porciones sacrolumbares del multifido, de los grupos espinosos y las porciones del dorsal largo y del iliocostal). El eje de rotación se sitúa en L5/S1 y L4/L5
- El glúteo mayor en la variante mostrada en la figura D-38c

Estabilizadores

- Región de la cintura escapular y los brazos

El banco de ejercicios debe estar situado horizontalmente o ligeramente declinado en la dirección de la pelvis. No



Figuras D-38a-c Realización del movimiento de hiperextensión declinada
a) Posición inicial

b) Posición final

se aconseja utilizar bancos con más declinación por el aplastamiento que provocan durante la extensión y la gran compresión que se produce en la zona del bajo vientre.

Realización del ejercicio

Posición

- Colóquese sobre el aparato de forma

que todo el tronco quede colocado plano sobre el acolchado y sujétese bien a los manuales o al marco del aparato.

- Dos posiciones de la pelvis posibles:
 - Las espinas ilíacas anterosuperiores todavía están colocadas sobre el acolchado, posición que limita un poco la fase de flexión.



c) Implicación adicional de los glúteos

– La pelvis se mueve libremente (no está apoyada).

Realización

- Levante la pelvis lentamente lo más alto que pueda contra la fuerza de la gravedad (extensión de la CL inferior, fig. D-38b).
- A continuación descienda la pelvis lentamente hasta que en a) la espina ilíaca anterosuperior entre de nuevo en contacto con el banco y en b) la pelvis descienda hasta relajarse.
- Para garantizar que no se realice un movimiento con impulso, puede extender también lentamente las piernas hacia atrás al subir mediante la activación de los músculos glúteos (aumento de la dificultad del ejercicio D-38c).
- Si se realiza el movimiento demasiado rápidamente o con demasiado impulso (especialmente en los principiantes), el practicante debe parar el

movimiento durante 1 segundo tras la realización de 2/3 partes del movimiento concéntrico y realizar la extensión restante a continuación.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** puede ayudar de dos maneras: controlando la inclinación de la pelvis mediante la presa de los cuatro puntos (o sea, lordotización de la CL por el giro de la pelvis) o empujando los muslos hacia arriba cogiendo las rodillas (fig. D-39).
- Como **practicante** puede autocontrolar la amplitud del movimiento de la pelvis observándose lateralmente en un espejo.

Disminución de la resistencia

Si el peso de la pelvis y de las piernas fuera demasiado alto, lo puede reducir apoyando los pies en el suelo. En este caso es importante no hacer fuerza con



Figura D-39 Ayuda en el ejercicio de hiperextensión declinada

las piernas para levantar la pelvis al apoyarse. Solamente queremos reducir el “peso del ejercicio” → ¡controlar que sea así en el entrenamiento!

Aumento de la resistencia

Coloque una mancuerna verticalmente sobre el suelo y sujétela con las piernas después de colocarse en la posición inicial.

Amplitud del movimiento

- La **posición de máxima extensión** (hiperlordosis) no es problemática (se debe realizar el movimiento de forma lenta y controlada).
- **Posición de flexión máxima:**
 - Si colocamos la espina ilíaca sobre el banco, no es posible efectuar una flexión máxima (situación no crítica)
 - Si la pelvis está colocada libremente, es posible avanzar más en la flexión; si el banco está ligeramente inclinado, esta posición tampoco es problemática para la carga (ver antes)

d) Máquina de erectores lumbares

En las máquinas de erectores lumbares se puede realizar un entrenamiento aislado y segmentario de los extensores lumbares del tronco casi independientemente del peso corporal. En la siguiente descripción de los ejercicios se debe tener en cuenta la múltiple variedad de máquinas que se ofrecen en el mercado, que presentan importantes diferencias de funcionalidad y de posibilidades de ajuste.



Grado de dificultad: de muy fácil (1) a medio (3) según la máquina

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Erector de la columna, porciones lumbares (especialmente los segmentos dependientes del eje de rotación de los músculos lumbares, interespinosos y transversoespinales, así como las porciones lumbares del iliocostal y del longísimo) [dorsal largo]

Estabilizadores

- El conjunto de la cadena extensora de la cadera y la rodilla
- Erector de la columna, porción torácica

Realización del ejercicio

Posición

- En principio se debe adoptar una **posición de sedestación** en la que el eje de rotación corporal que buscamos coincida con el eje de rotación de la máquina.
- **La cuestión de los ejes de rotación:**
 - En el entrenamiento de la **CL inferior** posicione su eje de rotación corporal L4/L5 (ver fig. D-27) a la altura del eje de rotación de la máquina (entrenamiento con amplitud total de los segmentos L3/L4 – L4/L5 – L5/S1, ver fig. D-41)
 - En el entrenamiento de la **CL superior** debe ajustar el eje de la máquina a los ejes corporales de L1/L2 (entrenamiento con ampli-



Figuras D-40a-c Hiperextensión declinada con aumento y disminución de la resistencia
a) Disminución de la resistencia apoyando los pies en el suelo, posición inicial
b) Disminución de la resistencia apoyando los pies en el suelo, posición final

tud total de los segmentos T12/L1 – L1/L2 – L2/L3)

- Ajuste en correspondencia la superficie de sedestación y/o de apoyo de los pies de forma que el eje L4/L5 –

pelvis – crestas ilíacas quede posicionado con el eje de la máquina en el entrenamiento de la CL inferior. Para el entrenamiento de la CL inferior ajustaremos la superficie de sedestación unos 10-12 cm más baja.

- Observación: Algunas máquinas están desafortunadamente estructuradas de forma que el eje de rotación de la máquina se encuentra a la altura de la articulación de la cadera y no es posible ajustarlas de otro modo. En este caso se activará forzosamente la fuerte musculatura glútea y se producirán grandes momentos de rotación de la CL. Con la utilización de este tipo de máquinas solamente es posible evitar esta situación bajando la pelvis



c) Aumento de la resistencia con mancuerna

sobre la superficie de sedestación. Normalmente se necesitan giros de hasta 45° hasta conseguir que el borde superior de las crestas ilíacas (L4/L5) coincida con el nivel del eje de la máquina.

- Las rodillas deben estar flexionadas (ajustar correspondientemente la superficie de apoyo de los pies).
- El **respaldo** suele ser ajustable y se aconseja adaptarlo a la altura de la cintura escapular (en general ajustarlo para que el practicante se sienta bien).
- Si la máquina dispone de un limitador del movimiento anterior, limite el movimiento de flexión con el fin de evitar una posible posición forzada.

Realización

- Empuje el respaldo hacia atrás con un movimiento regular hasta que haya alcanzado la posición de máxima extensión individual.
- El movimiento de flexión también debe ser regular hasta llegar un poco antes del límite de flexión ajustado. Si la máquina no dispone de limitador de movimiento, ha de finalizar la fase de flexión unos 10° antes de alcanzar la flexión máxima posible para usted (al principio debe tener a alguien que controle el movimiento hasta que sea capaz de hacerlo solo).
- ¡En general **no se aconseja** efectuar **movimientos de enrollamiento multisegmentario** en máquinas de un solo eje! A medida que aumenta



Figura D-41 Ajuste correcto del eje de rotación corporal de L4/L5 a la altura del eje de rotación de la máquina

la distancia del eje de rotación corporal activo en cada momento con el eje de rotación de la máquina actúan fuerzas y momentos adicionales sobre las articulaciones vertebrales.

- Durante la realización del movimiento el respaldo acolchado no se debe mover para evitar que se mueva también el eje de rotación.

Control del ejercicio

En algunas máquinas erectoras la región de la pelvis y de las piernas queda fijada de tal forma que su movimiento es prácticamente imposible. Si éste no es el caso de su máquina, el entrenador deberá comprobar de nuevo que su pelvis no se mueva mediante la presa de los cuatro puntos. Como practicante usted puede cogerse las crestas ilíacas y comprobar si mueve la pelvis.



Figura D-42a + b Entrenamiento de los extensores lumbares del tronco en la máquina de erectores lumbares (Fotos: Gottlob)

a) Posición inicial

b) Posición final

Amplitud del movimiento

La posición de **extensión máxima** no es problemática (hiperlordosis).

Esta afirmación requiere una breve explicación biomecánica: como fuerzas externas actúan en primer lugar el peso de la parte superior del tronco (P) y en segundo lugar, a través de respaldo, la fuerza de los pesos que hayamos colocado (F) (ver fig. D-43).

Si hemos colocado correctamente las resistencias (ver elección de las resistencias), el momento de rotación $F \cdot l_2$ siempre es mayor que el momento de rotación de la parte superior del tronco $P \cdot l_1$. En consecuencia en posición de extensión

máxima no se produce una posición forzada, pues, si la fuerza muscular disminuye, el cuerpo se mueve automáticamente hacia delante (ver cap. D 3.2).

La posición de **máxima flexión** es más crítica y no debería alcanzarse. Aquí se suman los dos momentos de antes; en caso extremo se puede producir una posición forzada. En las máquinas con un limitador del movimiento se debe delimitar esta región. Partiendo de una amplitud del movimiento libre de cargas, se deberían limitar los últimos 5-10°. En las personas que hayan sufrido por ej. una hernia discal se debe limitar más el movimiento.

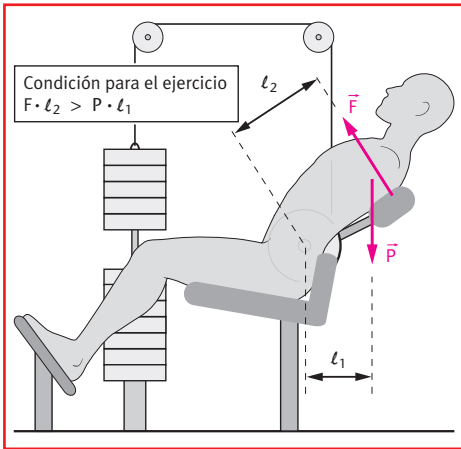


Figura D-43 Cálculo de las fuerzas en la máquina erectora lumbar en posición de máxima extensión

Si ya se ha entrenado la musculatura extensora del tronco de forma diferenciada durante varios meses y no se da una situación terapéutica, se debe integrar siempre –especialmente en **deportistas de alto nivel**– una serie en posición de máxima flexión por motivos neuromusculares e histológicos. Pero, para que no aparezcan los problemas nombrados en esta serie sólo se podrá aplicar el 50% de la resistencia de entrenamiento con la que estábamos trabajando. En la práctica esto se traduciría por ej. en realizar dos o tres series con una resistencia suficientemente alta, tal como se ha descrito antes, y efectuar al final una serie con aprox. el 50% de la resistencia aplicada hasta ahora con amplitud máxima (ver principio EF 4).

Elección de la resistencia

En función de la posición en sedestación adoptada este ejercicio se puede lle-

var a cabo independientemente del peso corporal individual. Aquí se debe tener en cuenta el peso de la parte superior del tronco a la hora de escoger los pesos de resistencia del ejercicio. Si por ej. el practicante quiere entrenar sólo con una placa y se necesitan 5 placas para compensar el peso del cuerpo, deberemos insertar 6 placas para trabajar con una resistencia de 1 placa. ¡Si insertara tan sólo 3 placas, el supuesto “ejercicio de entrenamiento de los extensores con poca resistencia” degeneraría en un “ejercicio abdominal” con cargas perjudiciales para la CL! El peso de compensación individual se puede descubrir fácilmente insertando un peso aproximado al inicio del ejercicio, el practicante se sienta y se extiende con este peso y relaja todos los músculos a la orden de “ya”. Si al eliminar la fuerza muscular el practicante se mueve hacia delante ello significa que el peso de compensación es todavía demasiado grande y, si se mueve hacia atrás, significa que es todavía demasiado pequeño.

Requerimientos de la máquina

1. El eje de rotación debe ser ajustable como mínimo a la altura de L4/L5 (ajuste del asiento).
2. Es imprescindible disponer de un limitador anterior. La existencia de un limitador posterior solamente es necesaria en algunos casos terapéuticos.
3. Para la realización del ejercicio las rodillas deben permanecer flexionadas.
4. Se debería poder anular el movimiento de la pelvis mediante una fijación

(si no, ésta debe ser controlada por el entrenador).

5. El respaldo debería ser ajustable.

Observaciones

En muchas instalaciones de fitness, clubs y centros de rendimiento, pero también en algunas consultas, se observa que este ejercicio se realiza incorrectamente, con la implicación de los potentes extensores de la cadera. Esto ocurre, por un lado, debido a la colocación demasiado alta del asiento: el eje de rotación la máquina se encuentra entonces por debajo de la última articulación vertebral, en la zona de las arts. de la cadera. Por otro lado, ocurre porque se dan órdenes erróneas como “moverse hacia delante y hacia atrás con la columna recta y erguida”. En estos casos, los extensores de la cadera asumen la dinámica principal del movimiento (se puede reconocer en el movimiento de la pelvis) y los extensores de tronco experimentan tan sólo una amplitud del movimiento muy reducida y se ven “degradados” a la ejecución de un trabajo puramente isométrico. La magnitud de las resistencias forzadas para este “degradado” entrenamiento de los extensores de la cadera proporciona a su vez cargas vertebrales innecesarias (especialmente cargas de empuje) y la implicación de los extensores de la cadera aumenta el riesgo de entrar en una dinámica de ejercicio perjudicial.

e) Máquina *Lower-Back*

En esta máquina de entrenamiento, menos usual que la máquina erectora, se

puede trabajar los músculos extensores del tronco en bipedestación. La superficie de apoyo de los pies debe ser regulable en altura y la superficie de apoyo de la pelvis también debe ser regulable en la horizontal para que concuerden los ejes de rotación de la CL (eje más bajo L4/L5) con los ejes de rotación de la máquina.

El ejercicio en esta máquina tiene atributos (el peso del cuerpo actúa dificultando el ejercicio, se provoca una posición forzada en la posición de máxima flexión y el riesgo de implicación de la pelvis es mayor) que hacen que su práctica quede reservada exclusivamente a deportistas muy avanzados.



Grado de dificultad: difícil (4)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Erector de la columna, porciones lumbares (especialmente los segmentos de los músculos lumbares interespinosos y transversoespinosos dependientes del eje de rotación y las porciones lumbares del iliocostal y del longísimo).

Estabilizadores

- El conjunto de la cadena extensora de la rodilla y la cadera
- Erector de la columna, porción torácica
- Exensores de la CC

Realización del ejercicio

Posición

- Regule la superficie de apoyo de los

pies de forma que la cresta ilíaca (L4/L5) quede situada a la altura del eje de rotación de la máquina. Si lo ajustáramos más arriba se produciría la activación de los músculos glúteos y con ello movimientos de giro innecesarios de la CL. Pero es posible ajustarlo más bajo para trabajar en un eje corporal más alto (por ej. L1/L2) y tiene mucho sentido hacerlo (ver máquina de erectores lumbares).

- El soporte para la pelvis debe ser regulable en la horizontal para poder colocar el punto medio del disco intervertebral a la altura de la línea del eje de rotación de la máquina según sea el tamaño de cada pelvis.
- El rollo posterior de la piernas sirve para dar estabilidad. Debe quedar

situado de manera que el practicante pueda mantener las rodillas ligeramente flexionadas durante la realización del movimiento.

Realización

- Para empezar el ejercicio, levante la palanca para la espalda con los brazos y colóquela en la parte dorsal de la cintura escapular. (¡No provoque una posición forzada al inicio del ejercicio!).
- Conduzca la parte superior del tronco lentamente hacia abajo sin llegar a la flexión máxima de la CL y enderézela luego lentamente actuando contra la fuerza de la gravedad (extensión máxima).
- Durante la realización del movimiento la CT está extendida, es decir, el



Figuras D-44a + b Realización del ejercicio en la máquina *Lower-Back*
a) Posición inicial

b) Posición final

tórax está bien erguido. El movimiento de flexoextensión tiene lugar exclusivamente en la CL.

- Los brazos sujetan el soporte para la espalda o se pueden situar cruzados sobre el pecho si ya queda garantizada la seguridad en la realización del ejercicio.

Control del ejercicio

Como **entrenador** debe localizar los cuatro puntos de la presa de la pelvis y comprobar si la pelvis del practicante se mueve durante el enderezamiento de la columna vertebral. Si es así, debe ejercer algo de presión para mantener la pelvis fijada.

Observaciones

- La **posición de extensión máxima** no es problemática.
- La **posición de flexión máxima** se debe evitar en cualquier caso debido a los grandes momentos de rotación que crea.

3.5 Entrenamiento de los extensores de tronco torácicos

En el entrenamiento de los extensores del tronco torácicos, la amplitud del movimiento es mucho menor que en el de los extensores lumbares a pesar de que hay un mayor número de vértebras, y esto es debido a diversos factores: la posición de las carillas articulares de las vértebras, la disposición de las apófisis espinosas y la existencia de las costillas. Los ejes de rotación de cada uno de los ejercicios se sitúan en la región baja y media de la CT. El

entrenamiento de los extensores torácicos estimula la estabilidad y la movilidad de la caja torácica y de la CT. Todas las fuerzas actuantes a través de la cintura escapular pueden ser desviadas con éxito si existen fuertes músculos extensores torácicos.

a) Erector torácico en bipedestación

Ampliando los ejercicios de extensión lumbar aquí se entrenan dinámicamente las porciones torácicas del erector de la columna. Como antes, este ejercicio también es realizable en cualquier sitio y sin ningún tipo de material. El ejercicio sale mejor si se había aprendido ya la variante lumbar.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Erector de la columna, porciones torácicas (especialmente los músculos interespinosos y los transversoespinosos de la CT, así como el longísimo y el iliocostal torácicos)

Estabilizadores

- El conjunto de la cadena extensora de la rodilla y la cadera y los isquiotibiales
- Exensores del tronco lumbares
- Exensores de la CC

Realización del ejercicio

Posición de bipedestación

- Coloque los pies paralelos separados la altura de los hombros y flexione ligeramente las rodillas.

- Los brazos pueden permanecer cruzados delante del pecho o elevarse durante el movimiento de enderezamiento.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** puede controlar la posición de la pelvis mediante la presa de los cuatro puntos y colocar las manos sobre la CL con el fin de que no se mueva.
- Para ayudar en la realización del movimiento puede empujar suavemente con los dedos en la parte anterior de las costillas y esternón durante la flexión y en la CT media y baja durante la extensión.
- Como **practicante** puede controlar que no se muevan la pelvis ni la CL mirándose en el espejo.



Figura D-46 Erector torácico en bipedestación con la utilización de un tube

Variante de entrenamiento: realización con tube

- Durante la realización de este ejercicio con tube levante los brazos con las asas del tube durante el enderezamiento del pecho hacia arriba para que se cree una fuerza de tracción suficiente.
- Fije el tube a un objeto pesado antes de iniciar el ejercicio (los puntales de una máquina de entrenamiento, los pies de una mesa, etc.) para asegurar que el tube no resbale ni el objeto se mueva durante la realización del ejercicio. La sujeción ha de ser más baja que la altura de los brazos. Compruebe siempre que el tube esté en buen estado.

Aumento de la resistencia:

- alejarse más del punto de sujeción del tube (mayor estiramiento de la goma, más fuerza)
- utilizar tubes de diferentes durezas
- también se puede utilizar dos tubes juntos

Amplitud del movimiento

- La **posición de extensión máxima** en la posición mostrada no es problemática.
- La **posición de máxima flexión** tampoco es crítica por los reducidos momentos de rotación que se crean (es correcta la utilización de un tube).

b) Hiperextensión torácica (horizontal e inclinada)

En los aparatos antes mostrados de hiperextensión se puede entrenar perfec-

tamente los extensores del tronco torácico si se coloca bien la columna.



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Erector de la columna, porciones torácicas (especialmente los músculos interespinosos y transversoespinosos de la CT así como el longísimo y el iliocostal torácicos)

Estabilizadores

- El conjunto de la cadena extensora de la rodilla y de la cadera y los isquiotibiales
- Exensores de tronco lumbares
- Exensores de la CVC

Realización del ejercicio

Por favor, ver descripciones de la realización del ejercicio lumbar.

Posición

- En ambos aparatos se colocará toda la

pelvis y partes de la cavidad abdominal sobre el acolchado. La caja torácica debe quedar libremente situada justo por encima del soporte.

- Las rodillas están claramente flexionadas.

Realización

- Deje caer la caja torácica hacia dentro a nivel del esternón al tiempo que espira, redondee la CT (orden: “empuje ligeramente con sus propios dedos sobre el esternón, deje caer el pecho y espire”).
- A continuación expanda el pecho tanto como pueda e intente enderezarlo (orden: “¡empuje orgulloso el pecho hacia arriba!”).
- Los brazos pueden permanecer cruzados delante del pecho o elevarse durante el movimiento de enderezamiento.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** puede controlar la



Figuras D-47a + b Realización del ejercicio de hiperextensión torácica inclinada.

a) Posición inicial

b) Posición final

posición de la pelvis mediante la presa de los cuatro puntos y colocar las manos sobre la CL para que no se mueva.

- Para ayudar en la realización del movimiento puede empujar suavemente con los dedos en la parte anterior de las costillas y esternón durante la flexión y en la CT media y baja durante la extensión.
- Como **practicante** puede controlar que ni la pelvis ni la CL se muevan mirándose en el espejo.

Aumento de la resistencia

El aumento de la resistencia se puede efectuar igual que en el ejercicio de hiperextensión lumbar (ver fig. D-37)

Amplitud del movimiento

- La **posición de extensión máxima** no es problemática.
- La **posición de flexión máxima** tampoco es crítica por los pequeños momentos de rotación que se crean.

c) Máquina de erectores, implicación torácica

Este ejercicio no se puede realizar en todas las máquinas de erectores. Sólo es factible si el asiento es de altura regulable y el eje de rotación de la máquina se puede adaptar a la región inferior o media de la CT.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Erector de la columna, porciones torácicas de los segmentos dependientes del eje de rotación de los músculos interespinosos y transversoespinosos de la CT, y porciones torácicas del iliocostal y del longísimo

Estabilizadores

- El conjunto de la cadena extensora de rodilla y la cadera
- Extensores del tronco lumbares

Realización del ejercicio

Posición

- Se debe adoptar la misma posición que para el ejercicio lumbar pero colocando sistemáticamente el eje de rotación más alto y fijando la CL junto con la pelvis.
- Los ejes de rotación que se aconsejan son T10/T11 y T6/T7, y se los debe ajustar de forma análoga a como se ha descrito para la columna lumbar. En la región de la CT hay que calcular una distancia de 3 a 3,5 cm por segmento vertebral.

Realización

- El ejercicio consiste en mover el rollo acolchado lentamente hacia atrás y dejar que avance de nuevo. El movimiento que se realiza es el de hundir el pecho hacia el esternón y empujar el pecho contra resistencia hacia arriba (orden: hundir el pecho al tiempo que se espira y empujar después el rollo hacia

atrás levantando el pecho orgullosamente tan arriba como sea posible).

- Como ya hemos expuesto para el entrenamiento lumbar, es muy importante que el acolchado de la espalda no se mueva durante la realización del movimiento para evitar el deslizamiento de los ejes de rotación.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** puede controlar la posición de la pelvis mediante la presa de los cuatro puntos y colocar las manos sobre la CL para que no se mueva.
- Para ayudar a la realización del movimiento el entrenador puede utilizar la presa de palanca de las costillas a la altura del eje de rotación de la máquina o empujar suavemente sobre el arco costal anterior o sobre el esternón durante el movimiento de flexión, y finalmente puede ejercer una ligera pre-

sión sobre la CT media/inferior durante la extensión.

- Como **practicante** puede controlar que ni la pelvis ni la CL se muevan mirándose lateralmente en un espejo.

Amplitud del movimiento

- La **posición de máxima extensión** no presenta ningún tipo de problema.
- La **posición de máxima flexión** tampoco es problemática porque la movilidad de la CT es muy reducida y por tanto no se crea una compresión significativa en los discos intervertebrales.

Requerimientos de la máquina

1. El eje de rotación de la máquina debe ser ajustable a la región inferior, y si es posible también a la media, de la CT (ajuste del asiento).
2. Las regiones de la pelvis y de la CL deben poder ser fijadas (si esto no es



Figura D-48a +b Entrenamiento de los extensores del tronco torácicos en la máquina de erectores
a) Posición inicial



b) Posición final

posible, deben ser controladas por el entrenador).

3. El soporte acolchado debe ser ajustable en altura de forma que no se produzca en ningún caso una carga de la CC.

3.6 Ejercicios combinados

A continuación exponemos ejercicios de extensión del tronco con diversos ejes de rotación y ejercicios con elementos de movimiento adicionales. Los ejercicios de flexión lateral y de rotación de la CV serán expuestos en el capítulo sobre de entrenamiento de los músculos abdominales D 4.5.

a) Ejercicios de enrollamiento multisegmentario

En los ejercicios libres el entrenamiento de los extensores del tronco se puede realizar de forma dinámica alrededor de diversos ejes de rotación. Estas variantes de entrenamiento presentan las ventajas siguientes:

- Es un entrenamiento que requiere mucha coordinación y tiene por lo tanto efectos beneficiosos para la propiocepción
- Fortalecimiento del longísimo (dorsal largo) con amplitud total
- Buen ejercicio de movilización para la columna vertebral.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Erector de la columna, porciones lum-

bares, torácicas y un poco cervicales; especialmente los músculos iliocostal y longísimo en amplitud total

Estabilizadores

- El conjunto de la cadena extensora de la rodilla y la cadera.

Ejercicios básicos adecuados para los movimientos de enrollamiento

El movimiento de enrollamiento se puede aplicar en los siguientes ejercicios de erección del tronco:

- Erector en bipedestación
- Hiperextensión horizontal
- Hiperextensión inclinada

Antes de empezar los movimientos de enrollamiento se debe dominar estos ejercicios.

Posición del ejercicio

La posición del ejercicio es idéntica a la posición de los ejercicios básicos para los extensores lumbares.

Realización del ejercicio

- Para el movimiento de enrollamiento hacia la flexión, lleve la CL hacia delante y hacia abajo; para flexionar la CT, lleve el esternón hacia dentro e incline la cabeza hacia el pecho.
- Desde la posición de flexión extienda primero la CL, después la CT y finalmente la CC mediante el enderezamiento de la cabeza, hasta que el conjunto de la CV se encuentren extensión. El procedimiento de extensión tiene lugar de abajo hacia arriba.
- Al efectuar de nuevo la flexión (fase



Figuras D-49a-d Realización del ejercicio “movimiento de enrollamiento en el banco de hiperextensión inclinada”

a) Posición inicial



b) Segunda posición



c) Tercera posición



d) Posición final

excéntrica) puede enrollar la columna empezando por la CL, CT y finalmente CC o al revés flexionando primero la CC, después la CT y finalmente la CL.

Control del ejercicio

Como entrenador puede utilizar la presa de palanca con las costillas para acompañar el movimiento, de abajo hacia arriba y al revés.

Aumento de la resistencia

Para aumentar la resistencia se puede proceder de la misma manera que con la hiperextensión lumbar (ver fig. D-37).

Observaciones

- El orden en el ejercicio de extensión puede ser invertido, o sea, extender primero la CC, después la CT y finalmente la CL.

- No se aconseja practicar estos ejercicios multisegmentarios en máquinas de entrenamiento de un solo eje, pues, a medida que aumenta la distancia del eje de la máquina con el eje corporal momentáneo, las articulaciones vertebrales experimentan fuerzas adicionales.

b) Ejercicios de enrollamiento con componente de rotación

Los movimientos de extensión multisegmentarios puros se pueden combinar de forma muy efectiva con un elemento de rotación. Realizando así el ejercicio, es posible entrenar la rotación de la columna vertebral en unas relaciones de carga muy buenas y sin posición forzada.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Erector de la columna, porciones lumbares, torácicas y un poco las cervicales; especialmente los músculos iliocostal y longísimo en amplitud total.
- Las porciones transversoespinosas del erector de la columna realizan la mayor parte del trabajo de rotación y se contraen constantemente.

Estabilizadores

- El conjunto de la cadena extensora de la rodilla y la cadera.

Posición y realización del ejercicio

- Para la realización del ejercicio,

véase el movimiento de enrollamiento multisegmentario anterior.

- La rotación de la columna se introduce en la segunda mitad del movimiento de extensión mediante el movimiento de la cintura escapular. La amplitud de la rotación debe ser de 10-30°, medidos en la rotación del eje de la cintura escapular.
- El movimiento de regreso (excéntrico) se hace a la inversa.
- Es importante que el movimiento de rotación se realice mientras se levanta la parte superior del tronco, ¡o cuando la columna se encuentre extendida y sin movimiento! Solamente así se efectuará trabajo físico, que ejecutarán mayoritariamente los rotadores contralaterales del erector lumbar.

Control del ejercicio

Cuando como entrenador ya se haya asegurado de que la pelvis se mantiene estable y el movimiento de enrollamiento se realiza correctamente, debe ayudar al practicante para que la parte de rotación del movimiento se realice también regularmente. Sujete los codos flexionados del practicante y conduzca suavemente el movimiento de rotación de la columna vertebral a partir de la mitad del movimiento de enderezamiento. Coloque la columna de nuevo en posición neutra durante la primera mitad de la fase excéntrica.

Aumento de la resistencia

Para aumentar la resistencia se puede



Figura D-50 a-d Realización del ejercicio "movimiento de enrollamiento con elemento de rotación hacia la izquierda"

a) Posición inicial



b) Segunda posición



c) Tercera posición



d) Posición final

proceder de la misma manera que con la hiperextensión lumbar, teniendo en cuenta que en este caso cada mano necesita una carga (por ej. un tube, una polea o un disco para cada mano).

Observaciones

Terapéutica

Este ejercicio también es ideal para personas con escoliosis. El practicante

debe ser controlado por un entrenador hasta que pueda enlazar los dos movimientos de forma fluida.

Deporte de competición

Este ejercicio está especialmente indicado para deportistas que practican disciplinas asimétricas como los lanzamientos, los golpes o deportes de lucha. Con él pueden aumentar considerablemente la

estabilidad de su columna y su potencia en aceleración.

3.7 Algunos ejercicios críticos

Los dos ejercicios siguientes no deberían ser practicados por personas en proceso de rehabilitación ni por practicantes de fitness. Se los puede aplicar en el deporte de competición siempre que sean precedidos por años de entrenamiento y que la persona posea unos extensores tronco bien desarrollados y una motricidad excelente. Evidentemente también se debe valorar en cada caso individual si esta situación crítica es necesaria para el entrenamiento del deporte practicado.

Buenos días con barra

Dificultades del ejercicio

- **Posición superforzada:** Al efectuar la flexión con la barra se provoca una posición forzada extrema, por lo que se debe limitar la flexión anterior.
- El momento de rotación crece de forma espectacular a medida que aumenta el ángulo de flexión.
- La columna vertebral se ve sometida a grandes cargas de empuje.

Realización del ejercicio

- **Posición:** Coloque la barra sobre la cintura escapular, separe los pies la altura de los hombros, flexione ligeramente las rodillas y mantenga la CV en una posición fisiológica.
- **Realización:**
 - Realice una flexión del tronco manteniendo con la barra la espalda recta

- El movimiento de enderezamiento se realiza mediante el enderezamiento de la pelvis, que se debe hacer muy lentamente.
- De esta manera, el trabajo dinámico está a cargo de los enderezadores de la pelvis (músculos glúteos e isquiotibiales), y la cadena extensora de la rodilla y de la cadera y el conjunto de los extensores del tronco deben producir la gran tensión estática necesaria.

Peso muerto con las rodillas extendidas

Dificultades del ejercicio

- **Posición superforzada:** Al efectuar la flexión con la barra se provoca una posición forzada extrema, por lo que se debe limitar la flexión anterior.
- El momento de rotación crece de forma espectacular a medida que aumenta el ángulo de flexión.
- Se producen grandes cargas de empuje para la columna vertebral.
- Existe peligro de sobreestiramiento de los isquiotibiales (riesgo de sufrir una lesión).

Realización del ejercicio

- **Posición:** Colóquese en bipedestación con los pies separados la altura de los hombros. Agarre la barra y levántela primero del suelo con la columna lumbar lordosada y las rodillas flexionadas.
- **Realización:**
 - Con las rodillas extendidas y la espalda recta descienda la haltera en

dirección al suelo sin dejarla y sin perder la postura.

- El movimiento de enderezamiento se hace de nuevo gracias a los músculos glúteos e isquiotibiales.

4 ENTRENAMIENTO DE LOS MÚSCULOS ABDOMINALES

4.1 Funciones y efectos de los músculos abdominales

La existencia de unos músculos abdominales entrenados intensivamente proporciona un aspecto atractivo y fuerte, pero también proporciona un centro corporal fuerte y estable. Da forma a la cintura, protege la cavidad abdominal con todos sus órganos mediante una cincha abdominal de tres capas y permite la realización de múltiples movimientos gracias a la variada disposición de sus fibras y estructuras tendinosas. En todos los movimientos del tronco la musculatura abdominal y la musculatura extensora del tronco actúan alternando su función sinérgica (colaboran en el movimiento) y antagonista (acción contraria). La posición de la pelvis también está influida por los músculos abdominales.

a) Anatomía

La cavidad abdominal está delimitada cranealmente (por arriba) por el diafragma contráctil y caudalmente (por abajo) por el suelo pélvico. Como si fuera una manguera llena de líquido, esta cavidad puede variar su forma con la ayuda de los músculos abdominales.

Junto con el diafragma, éstos músculos también desempeñan un papel muy importante para la respiración. Si se tensan los músculos abdominales aguantando la respiración con los pulmones llenos, aumenta la presión intraabdominal (prensa abdominal) sobre las vísceras: importante por ej. para el vaciamiento de la vejiga y del intestino.

La capa más interna de la cincha abdominal está formada por el músculo **transverso del abdomen**, dispuesto casi horizontalmente. Se extiende desde la fascia toracolumbar, las seis últimas costillas, el borde interno de la cresta ilíaca y el ligamento inguinal lateral hacia delante y acaba en su aponeurosis anterior, un tendón plano que está formado por el músculo abdominal lateral y que forma a su vez la vaina del músculo recto del abdomen (vaina del recto). Podrá sentir fácilmente la actividad del transverso del abdomen si coloca sus manos lateralmente sobre el abdomen y tose con fuerza una sola vez.

Por encima suyo se sitúa el músculo **oblicuo interno del abdomen**, que también se origina en la fascia toracolumbar, en la cresta ilíaca y en el ligamento inguinal, y se dirige oblicuamente hacia arriba para insertarse en los tres arcos costales inferiores y en la aponeurosis anterior. Allí forma la parte central de la vaina del recto, por la que discurre el recto del abdomen (fig. D-54b). Como ya hemos descrito en el capítulo anterior, el transverso y el oblicuo interno pueden tensar la fascia toracolumbar horizontalmente si hacen suficiente fuer-

za y descargar así considerablemente la columna vertebral reduciendo los puntos de carga máxima (ver cap. D 3.2b).

Como mayor músculo abdominal, el **m. oblicuo externo del abdomen**, visible,

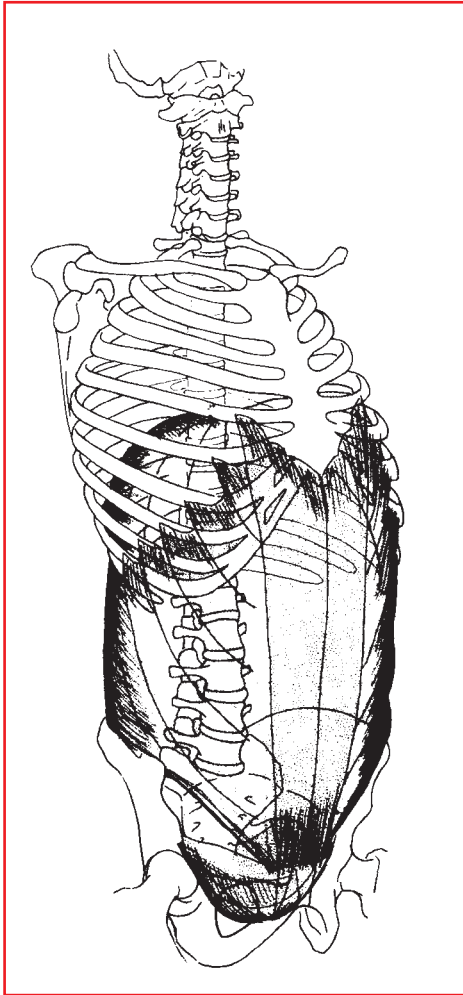


Figura D-51 Delimitación de la cavidad abdominal por el diafragma y la musculatura abdominal (de: Calais-Germain, Anatomie der Bewegung [Anatomía del movimiento], Editorial Fourier 1984)

forma la capa más superficial. Sus fibras se originan entre la 5ª y la 12ª costillas y se extienden oblicuamente hacia abajo hacia la cresta ilíaca, el ligamento inguinal y la aponeurosis anterior formando la hoja superficial de la vaina del recto. Todas las aponeurosis de los músculos abdominales laterales están unidas entre sí mediante la vaina del recto y la línea alba (banda fibrosa central que se extiende desde la apófisis xifoides hasta la sínfisis púbica, tensada por el músculo piramidal).

La fig. D-53 muestra la disposición de las fibras de los tres músculos abdominales laterales que forman cinchas musculares de diferente orientación a través de las aponeurosis que los unen.

El único músculo que ejerce presión verticalmente es el **recto del abdomen**, que se origina en las costillas 5ª a la 7ª y en la apófisis xifoides, se extiende verticalmente hacia abajo en el interior de su vaina hacia la pelvis y se inserta a la derecha y a la izquierda de la sínfisis púbica. Gracias a su disposición es capaz de flexionar el tronco y de elevar la pelvis. En este músculo es interesante destacar los tres o cuatro **tendones intermedios** que interrumpen las fibras musculares de recto del abdomen y lo sujetan a la pared anterior de la vaina del recto.

Mediante estos tendones, a los puntos de inserción ósea antes mencionados, se puede añadir otros puntos de fijación que dividen el recto del abdomen en cuatro o cinco **compartimentos** pares contráctiles (segmentos musculares). Estos compartimentos están inervados por los nervios intercostales (T6 a T12) (fig. D-54a).

Esta mecánica de tendones intermedios y la inervación individual de cada compartimento permiten que éstos puedan acortarse independientemente unos de los otros (Rohen 1994, Tittel 1996). Las fuerzas de tracción creadas en los compartimentos respectivamente acortados serán desviadas mediante el aumento de la tensión estática de la parte restante del cordón del recto y mediante la fijación de la vaina del recto en los músculos laterales y en las respectivas inserciones óseas (ver fig. D-59). En atletas entrenados se puede visualizar la capacidad de acortamiento individual de los compartimentos del recto del abdomen.

Gracias a esta división del tronco en compartimentos, el tronco se puede flexionar contra resistencia alrededor de más de un eje, se puede enrollar vértebra a vértebra realizando una especie de movimiento de desplazamiento. La conclusión que extraemos de estos hechos para el entrenamiento es que este músculo se debe contraer alrededor de diversos ejes.

Cuanto más fuertes sean los diferentes compartimentos, más fácil será para el cuerpo efectuar el enrollamiento o la flexión contra la resistencia del peso del propio cuerpo o la realización de movimientos dinámicos sin provocar puntos

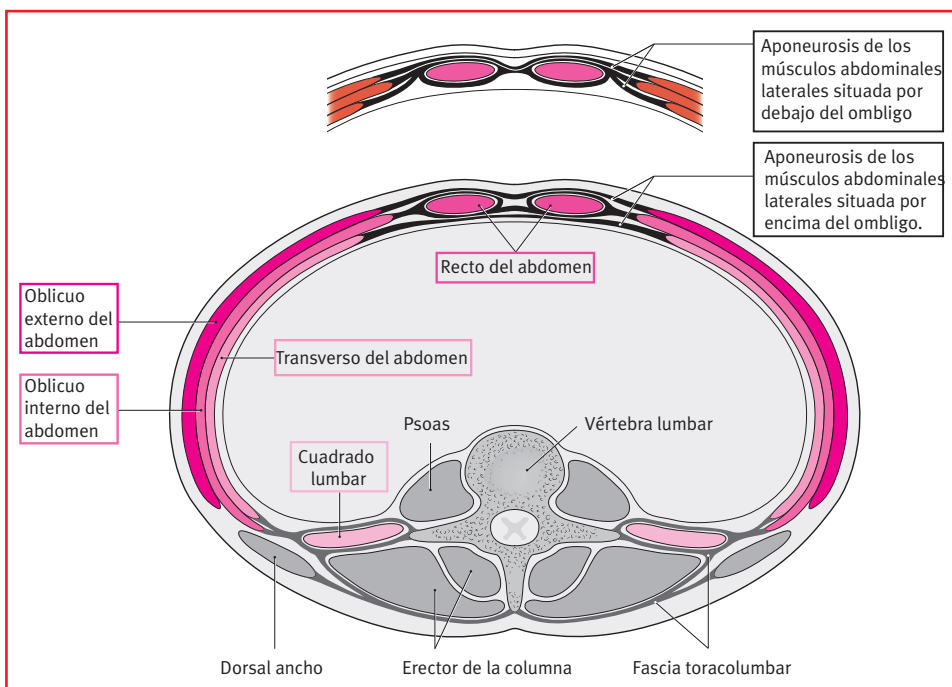
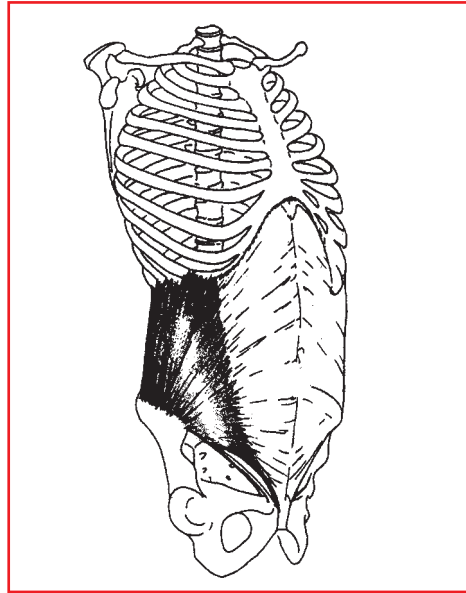
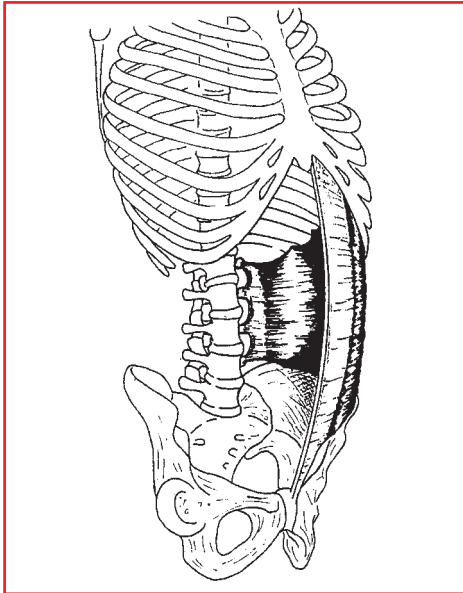


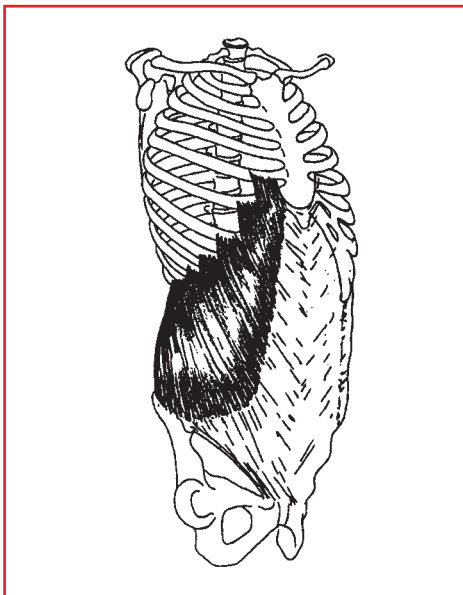
Figura D-52 Corte transversal del tronco (a la altura de la CL)



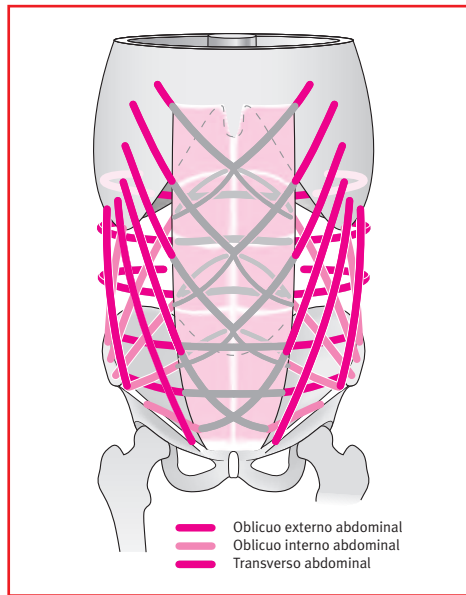
Figuras D-53a–d Músculos abdominales laterales (a)–(c) de: Calais-Germain, Anatomie der Bewegung [Anatomía del movimiento], Editorial Fourier 1984)

a) Transverso del abdomen

b) Oblicuo interno del abdomen



c) Oblicuo externo del abdomen



d) Formación de múltiples cinchas musculares horizontales, verticales y oblicuas.

de carga máxima en la columna vertebral. Además, el fortalecimiento de los compartimentos con un bajo contenido en tejido graso proporciona la forma de vientre tan cotizada.

El conjunto de los músculos abdominales puede formar diferentes **cadena cinéticas** según los diferentes haces de fibras. Según la posición de la persona en el espacio se contraerán los diferentes haces de fibras necesarios para cada movimiento, que tendrán un efecto de acortamiento, de estiramiento controlado o de estabilización. Las aponeurosis de los músculos laterales, unidas entre sí a través de la vaina del recto y de la línea

alba, y los tendones intermedios del recto actúan como una especie de “punto de conmutación” para activar los haces fibrosos más ventajosos cinéticamente (ver fig. D-53d).

Además de los músculos transversoespinosos del erector de la columna (músculos extensores del tronco), en los **movimientos de rotación** de la columna vertebral también intervienen las cinchas musculares de los músculos oblicuos. Esto significa que, al efectuar una rotación por ej. hacia la izquierda, se acortan las fibras del oblicuo interno izquierdo y las fibras del oblicuo externo derecho (activación contralateral) (ver fig. D-55).

Durante los **movimientos de inclinación lateral** se produce una activación diferente. Además del tracto lateral del erector de columna actúan también las

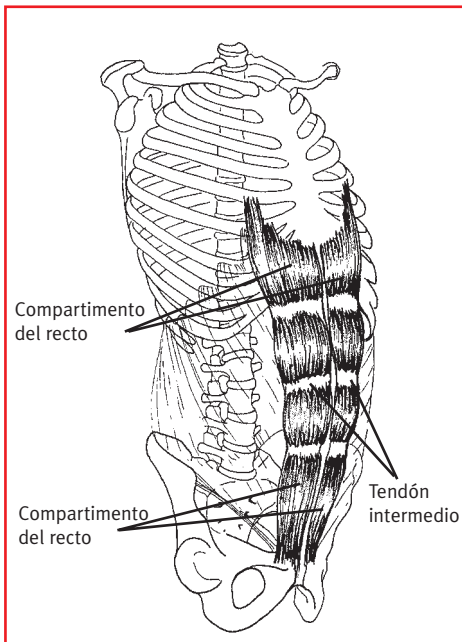


Figura D-54a Recto del abdomen (de: Calais-Germain, Anatomie der Bewegung [Anatomía del movimiento], Editorial Fourier 1984)

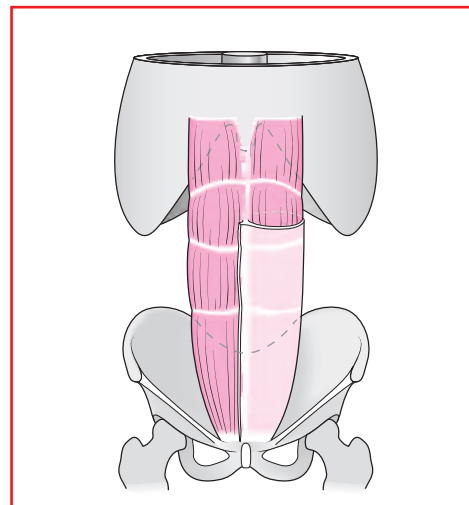


Figura D-54b Vaina del recto del abdomen; los tendones intermedios del recto se insertan en la pared anterior de la vaina (transmisión de fuerzas)

Figura D-54c La contracción del recto del abdomen estabiliza el tronco



fibras musculares abdominales oblicuas (oblicuo interno y externo del abdomen) del mismo lado (activación ipsolateral). El cordón ipsolateral del recto del abdomen también se acorta (ver fig. D-56). Además, todavía existe otro músculo que actúa en el lado de la contracción muscular. El **cuadrado lumbar**, gracias a la disposición de sus fibras que van desde la duodécima costilla y las apófisis transversas de la CL hasta la cresta ilíaca, dispone de una ventajoso brazo de palanca para producir grandes momentos de rotación en la inclinación lateral. También colabora en la espiración mediante el descenso de la deudécima costilla y forma una superficie de apoyo muscular para los riñones debido a su situación.

b) Ventajas del entrenamiento muscular diferenciado de los músculos abdominales

Las exigencias de la vida cotidiana para nuestra musculatura abdominal suelen ser demasiado bajas, lo que tiene

como consecuencia la existencia de unos músculos demasiado débiles y funcionalmente limitados. En pruebas de fuerza realizadas con principiantes de fitness con edades comprendidas entre los 20 y

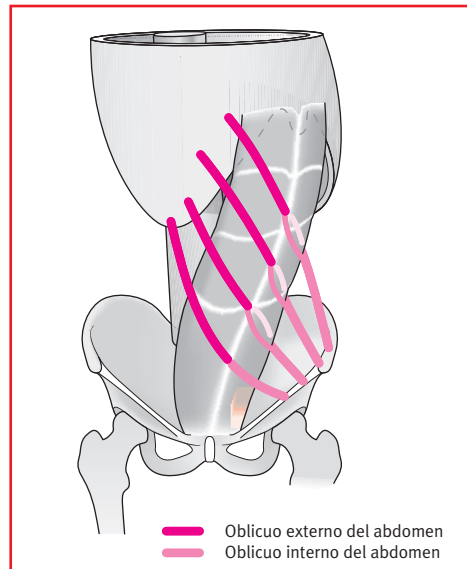


Figura D-55 Actividad muscular abdominal durante el movimiento de rotación (ej. izquierda)

los 60 años se detectó una situación muy debilitada de los músculos abdominales (Gottlob 1986). A modo de ejemplo, más del 70% de los participantes no eran capaces de enderezarse completamente desde la posición tendida sin mover la pelvis, fijar las piernas o incluso tener que apoyarse sobre un lado (ver realización correcta de los abdominales funcionales en el cap. D 4.4a). Si, por el contrario se posee una musculatura abdominal fuerte y funcional, el cuerpo es capaz de estabilizar, mover o acelerar el tronco en cualquier posición e independientemente del peso del cuerpo (como ocurre en todas las disciplinas deportivas), y de proteger la cavidad abdominal como si

fuera un tanque ante posibles golpes fuertes. En el deporte de alto rendimiento se ha demostrado incluso que unos músculos abdominales muy fuertes pueden incluso absorber la energía de golpes de boxeo directos sin perjuicio alguno para la cavidad abdominal. En la tabla D-14 se resumen los efectos beneficiosos producidos por el entrenamiento muscular diferenciado de los músculos abdominales.

4.2 Consideraciones previas para el entrenamiento de los músculos abdominales

Mediante la práctica de un **entrenamiento abdominal convencional** sólo se obtiene parcialmente los efectos expuestos en la tabla D-14. Existen diversos factores que limitan el éxito obtenido por el entrenamiento y que provocan grandes cargas que aumentan el riesgo de sufrir lesiones:

- **Cargas demasiado altas para la columna vertebral** durante la realización del ejercicio
- **Poca variación en los ejercicios**
- **Amplitudes del movimiento demasiado reducidas** (mayoritariamente como consecuencia de la aplicación de resistencias demasiado altas)

a) Reglas de entrenamiento

A diferencia de lo que ocurre con el entrenamiento abdominal convencional, en el entrenamiento muscular diferenciado de la musculatura abdominal se entrenan todas las fibras y los compartimentos con amplitud total y con suficiente

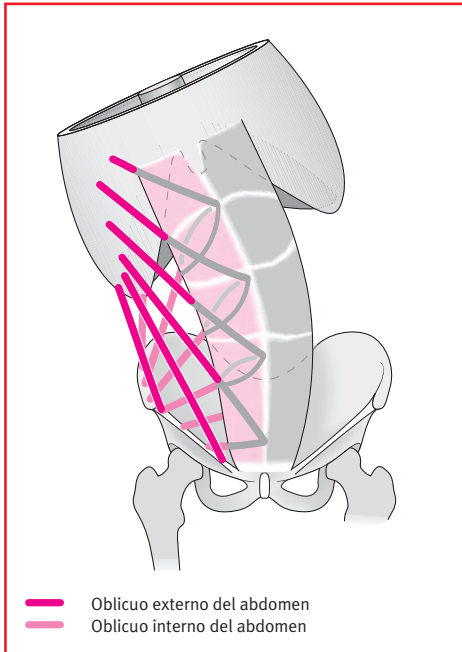


Figura D-56 Actividad muscular abdominal durante los movimientos de inclinación lateral (ej. derecha)

Tabla D-14 Ventajas del entrenamiento muscular diferenciado de la musculatura abdominal

Ventajas del entrenamiento muscular abdominal diferenciado
<ul style="list-style-type: none">• El fortalecimiento de todas las fibras musculares abdominales en un entrenamiento en amplitud total permite al cuerpo aumentar la estabilidad y funcionalidad del tronco en cualquier posición y con cualquier postura. Esto representa una profilaxis muy efectiva ante posibles lesiones y un aumento del rendimiento para casi todos los deportistas.
<ul style="list-style-type: none">• Las extremidades son capaces de posicionarse más rápidamente y de forma más estable durante la realización de actividades rápidas como los lanzamientos, los golpes o las patadas.
<ul style="list-style-type: none">• Mejora la capacidad de coordinación por la formación de cadenas cinéticas entrenadas.
<ul style="list-style-type: none">• Reproduce una descarga progresiva de la columna vertebral mediante:<ul style="list-style-type: none">- el aumento de la capacidad de tracción horizontal mediante la fascia toracolumbar- la mejora de las capacidades de frenado y de soporte de la columna vertebral desde las posiciones de extensión, inclinación lateral y rotación máximas.
<ul style="list-style-type: none">• Mejora la postura corporal en conjunto, con los ya mencionados efectos positivos que esto tiene para la psique.
<ul style="list-style-type: none">• Mejora la movilidad de la CL y de la CT media e inferior.
<ul style="list-style-type: none">• Mejora la protección de la cavidad abdominal ante los posibles agentes externos. En contraposición a la protección ósea que prestan las costillas para la caja torácica, la cavidad abdominal dispone exclusivamente de la musculatura abdominal como estructura protectora. La capacidad individual de potencia muscular determina la eficacia de este mecanismo. La existencia de una musculatura abdominal muy fuerte le capacita para absorber golpes muy energéticos como los golpes de boxeo, sin perjudicar el interior de la cavidad.
<ul style="list-style-type: none">• Durante el entrenamiento se produce un amasamiento fisiológico de los órganos que influye positivamente en el peristaltismo intestinal.
<ul style="list-style-type: none">• Mejora claramente la figura corporal debido al entrenamiento de la cintura: La formación de un “corsé muscular abdominal” lateral proporciona una forma natural de la cintura, y el fortalecimiento del recto del abdomen con poca grasa corporal da un vientre marcado. Observación: La reducción exclusiva del tejido graso sin el fortalecimiento muscular no proporciona una mejora de la silueta por más que así lo anuncien los anuncios publicitarios.

intensidad de entrenamiento sin cargar innecesariamente las estructuras pasivas. Las condiciones de entrenamiento más importantes para que esto se cumpla están expuestas en la tabla D-15.

b) Problemas de los ejercicios abdominales clásicos

Antes se realizaban supuestos “ejercicios abdominales” en los que se levantaban las piernas o se fijaban los pies y se enderezaba la espalda. En ambos casos el

practicante flexionaba esencialmente las articulaciones de las caderas. Dado que los músculos abdominales no tienen relación alguna con las piernas, la flexión de las caderas contra resistencia no puede ser realizada por los músculos abdominales sino por los músculos flexores de la cadera.

Es cierto que al realizar estos ejercicios se puede sentir la **actividad de la musculatura** abdominal, pero se trata de una **contracción puramente isométrica**.

De esta forma, en estos ejercicios la musculatura abdominal experimenta sólo una amplitud del movimiento muy limitada que no permite cumplir con las funciones de estabilización, protección y aceleración (ver Tabla D-14) independientes del ángulo articular ya mencionadas (ver principio EF 3 y 7).

Aisladamente había algunos practicantes de fitness que se quejaban de **dolor de espalda** al practicar ejercicios de este tipo. La causa de este dolor no es, como se ha creído muchas veces, la existencia de unos flexores de la cadera “demasiado fuertes” que son “malos” para la columna vertebral. De hecho, los

flexores de la cadera ejercen una función estabilizadora sobre la columna vertebral, la pelvis y la ASI (ver información complementaria: “¿La musculatura flexora como desencadenante de problemas?”). No, de hecho, la causa de este dolor la constituyen más bien algunas cargas muy **altas para la columna** que se pueden desarrollar durante la realización de estos ejercicios (ver fig. D-57). Este tipo de geometrías para los ejercicios provocan fuerzas muy importantes (resistencias de entrenamiento normalmente altas) con grandes brazos de palanca que producen grandes momentos de rotación y fuerzas de empuje sobre la columna

Tabla D-15 Condiciones para el entrenamiento muscular abdominal diferenciado

Condiciones del entrenamiento muscular abdominal diferenciado	
1.	Los músculos abdominales deben ser entrenados con amplitudes del movimiento completas , es decir: <ul style="list-style-type: none">• Todos los compartimentos del recto del abdomen deben ser entrenados dinámicamente. ¡Para hacerlo necesitamos practicar como mínimo dos ejercicios!• Los músculos abdominales laterales deben ser entrenados en las diferentes direcciones de sus fibras
2.	Los haces de fibras laterales deben ser entrenados a través de diferentes cadenas cinéticas (coordinación).
3.	No se debe realizar movimientos de enderezamiento o de flexión anterior con la espalda recta (tracción de los flexores de cadera y gran carga para la CV), sino que se deben realizar enrollamientos sistemáticos de la CV contra resistencia.
4.	No se debe realizar ejercicios con las piernas elevadas (entrenamiento de los flexores de cadera), sino con la pelvis elevada.
5.	Evitar las fijaciones de las piernas orientadas en la flexión de cadera. Puede evitar del todo la flexión de las piernas u organizar la fijación de las piernas a través de los extensores de la cadera.
6.	En concordancia con los requerimientos funcionales se debe incluir un mínimo de tres o cuatro ejercicios de abdominales diferentes con movimientos de flexión, inclinación lateral y rotación (¡sí no se dispone de mucho tiempo, se puede limitar el número de series a una o dos series por ejercicio!)
7.	Como siempre se debe evitar la existencia de impulso en los movimientos.
8.	Al elegir la resistencia de entrenamiento hay que tener en cuenta especialmente el peso del cuerpo.

vertebral. Si además la persona no tiene una buena capacidad de coordinación y especialmente si tiene una musculatura débil, se puede observar falsos patrones de movimiento que empeoran notablemente la situación de carga de la columna por sus efectos de aceleración. Los músculos flexores de la cadera, especialmente el psoas, permiten el movimiento de flexión a pesar de la aplicación de grandes fuerzas externas, lo que provoca que, especialmente en la fase inicial, la CL se vea sometida a puntos de carga máxima. Debemos darnos cuenta de que el psoas no es el desencadenante de la carga, sino la mala geometría, que solamente puede ser superada con la ayuda del psoas si la musculatura abdominal está demasiado débil. Por esto se aconseja estructurar el ejercicio de forma que los flexores de la cadera no puedan efectuar el movimiento.

Los deportistas experimentados y con buena capacidad de coordinación pueden practicar ejercicios combinados con la implicación de los músculos abdominales y los flexores de la cadera, como se describe en el capítulo D 4.6. En este caso, para que la CL no experimente cargas demasiado altas se debe llevar a cabo el entrenamiento muscular diferenciado de los músculos abdominales, los flexores de la cadera y los extensores del tronco durante un período mínimo de 6 meses (mejor más de 1 año).

A continuación detallamos las indicaciones para el entrenamiento abdominal diferenciado:

- Garantizar amplitudes del movimiento totales para los músculos abdominales

- Ajustar las resistencias de entrenamiento adecuadamente
- Mantener reducidas las cargas de la columna vertebral
- Inhibir la actividad de los flexores de cadera durante el entrenamiento de los abdominales, pues su activación:
 - permite adoptar posturas problemáticas y
 - reduce la amplitud del movimiento de los músculos abdominales.

Información complementaria

¿La musculatura flexora como desencadenante de problemas?

La discusión respecto a la musculatura flexora de la cadera y a sus “efectos problemáticos” había alcanzado dimensiones grotescas. El psoas ilíaco se consideraba el “músculo malo” responsable de la hiperlordosis y del dolor de espalda, estaba muy acortado y no se debía entrenar en ninguno de los casos, sino que debía ser estirado constantemente. Pero no debemos olvidar que el psoas ilíaco cumple funciones esenciales durante la marcha y la carrera, y que actúa estabilizando y descargando de forma importante la columna vertebral, la pelvis y la ASI. Es interesante observar que el psoas (porción de la CL del psoas ilíaco) presenta una importante reducción de fuerza con la edad. Según *Kuno et al.* la disminución de la sección transversal del psoas en hombres de hasta 60 años

era más del 30% y en mujeres de hasta 50 años, más del 40% (Kuno 1998). Por lo que parece, el problema no es tanto el exceso como la falta de fuerza. Pérdida de fuerza provocada por un déficit de actividad en la vida cotidiana. Las posturas en sedestación y en bipedestación primarias de la vida cotidiana proporcionan estímulos de carga demasiado pequeños, pero también proporcionan importantes estímulos de acortamiento. Es necesario llevar a cabo un entrenamiento muscular diferenciado de los flexores de la cadera en amplitud total, como se describe en el capítulo D 6. La implicación de los flexores de la cadera en los ejercicios anteriores (fig. D-57) ofrece amplitudes demasiado pequeñas y estímulos de acortamiento que a su vez provocan más acortamiento y pérdidas funcionales si no se entrenan los flexores de la cadera con amplitud total.

c) Inhibición de los flexores de la cadera

Por las razones antes mencionadas, en el entrenamiento muscular diferenciado de los abdominales tiene mucho sentido aplicar gran variedad de ejercicios en los que la actividad dinámica y en algunos casos también estática de los flexores de la cadera esté inhibida. También es muy importante la realización de un entrenamiento diferenciado explícito de los flexores de la cadera; en el último capítulo se hablará de uno de los ejercicios adecuados para este fin.

Todos los flexores de la cadera se insertan en la pierna y los dos actores más importantes también. El **psaos ilíaco** en el trocánter menor del fémur y el **recto femoral** en la tibia (tuberosidad de la tibia) a través del tendón rotuliano (en la flexión de la cadera también son sinergistas el sartorio, el tensor de la fascia lata y los aductores). Veremos grandes **acciones dinámicas en la flexión de la cadera** en los ejercicios de elevación de las piernas,

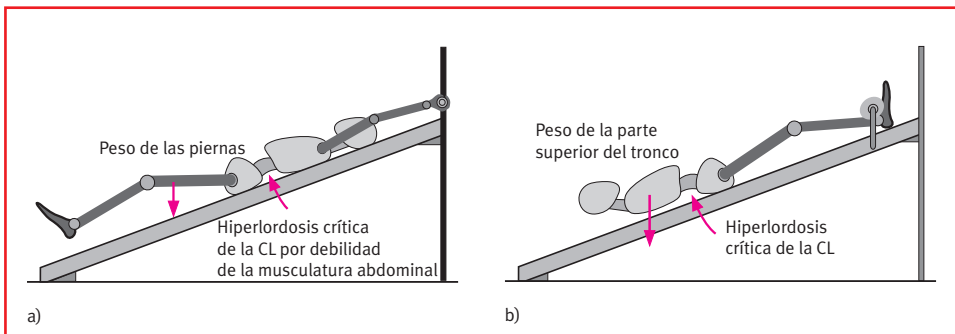


Figura D-57 Posiciones críticas para los ejercicios de abdominales clásicos con una musculatura abdominal débil y una técnica de realización incorrecta: a) Elevación de piernas en banco declinado con insuficiente enderezamiento de la pelvis (debilidad de los abdominales), b) Abdominales en banco inclinado con sujeción de pies con deficiente enderezamiento de la pelvis (debilidad de los abdominales) y la posición superforzada de la CL que de ellos se deriva, que empeora más cuanto más plano sea el banco.

por ej, en el aparato de elevación de las piernas, en las elevaciones de pelvis o en las elevaciones de piernas en banco declinado, o también en ejercicios como los abdominales en banco inclinado con sujeción de pies (fig. D-57). Para inhibir la actividad dinámica de los flexores de cadera en el entrenamiento abdominal se deben seguir dos reglas muy simples: en primer lugar las arts. de las caderas no se pueden mover. En segundo lugar, en la fase concéntrica se debe procurar cifotizar la CT y la CL, es decir, es obligatorio enrollar en lugar de enderezar.

Todavía nos queda por resolver la cuestión de la **actividad estática de los flexores de cadera**. Se puede evitar todo tipo de actividad flexora de la cadera si se sigue el principio mecánico básico de “**acción = reacción**”, por el que los flexores de cadera no pueden transmitir su tracción total a través de sus puntos fijos en la pierna. Este principio queda manifiesto en el ejemplo siguiente:

**Ejemplo del principio mecánico básico
“acción = reacción”**

Supongamos que usted sujeta el extremo de una cuerda libre en sus manos. ¿Con cuánta fuerza puede tirar de esta cuerda? Prácticamente no puede hacer ninguna fuerza, pues no existe un punto de fijación (no puede tirar sin nada que contrarreste la fuerza). Supongamos ahora que se fija muy bien el otro extremo de la cuerda, ¿cuánta fuerza puede hacer ahora? Toda la fuerza que usted sea capaz de desarrollar, suponiendo que tenga un buen contraapoyo, estando de pie podría producir como máximo la fuerza del peso de su cuerpo.

Si en el entrenamiento de los abdominales sus pies están bien fijados con un rollo o los muslos con una cincha, los flexores de la cadera pueden transmitir toda la fuerza de tracción al rollo o a la cincha a través de la pierna. Pero si las piernas no están fijadas, no es posible transmitir tipo alguno de fuerza. En este caso se puede traccionar como máximo contra el peso de las piernas, pues si la fuerza de flexión fuese mayor, ésta movería inmediatamente la pierna, se flexionaría la cadera y en los ejercicios libres el practicante acabaría perdiendo el equilibrio.

Otro método con el que también se puede evitar la tracción de los flexores de cadera es el principio de la inhibición de los antagonistas. Este principio enuncia que la contracción de un músculo provoca la relajación refleja de su antagonista. Si activamos intencionadamente los extensores de la cadera durante el entrenamiento abdominal (glúteos o isquiotibiales), se relajarán de forma refleja los flexores de la cadera antagonistas. Esto es muy fácil de realizar fijando las piernas con una tracción de los talones en un puntal (tracción isquiotibial) o empujando con los talones en el suelo (tracción glútea) (por ej. abdominales funcionales en el cap. D 4.4a).

En el entrenamiento dinámico del recto del abdomen se debe flexionar entre otros la CL superior (ver después) lo que a su vez significa un acortamiento de las fibras superiores del psoas. Pero, debido a la relajación refleja o a la inexistencia de posibilidades de tracción, éste no puede producir trabajo mecánico, o

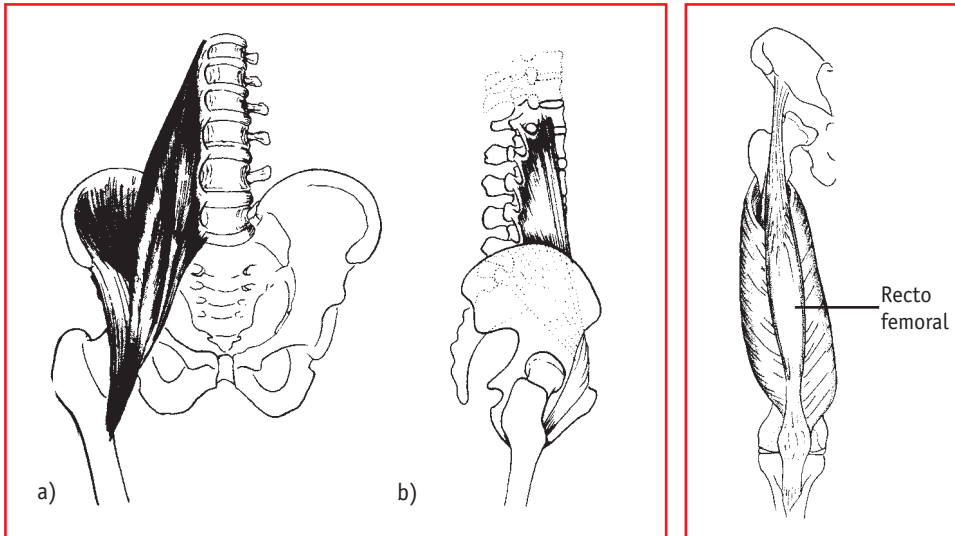


Figura D-58 Los dos flexores de la cadera más importantes (de: Calais-Germain, Anatomie der Bewegung (Anatomía del movimiento), Editorial Fourier 1984). a) Psoas ilíaco (consta del ilíaco y del psoas), b) Visión lateral del psoas (músculo lumbar que se extiende desde los cuerpos vertebrales y las apófisis transversas de la CL hacia abajo hasta el trocánter menor)

Figura D-58c Recto femoral (porción biarticular del cuádriceps). (De: Calais-Germain, Anatomie der Bewegung [Anatomía para el movimiento], Editorial Fourier 1984)

puede producir muy poco; entonces la musculatura abdominal debe realizar la principal parte del trabajo y además se puede ejercitar en toda su amplitud.

d) Resistencia de entrenamiento

En muchos ejercicios abdominales, especialmente en los ejercicios libres, el

peso del cuerpo representa ya una resistencia de entrenamiento demasiado alta y por lo tanto inadecuada para principiantes. Nos encontramos así con que muchos de los practicantes de estos ejercicios hechos con el peso del cuerpo, como las flexiones de tronco, los levantamientos de tronco o la elevación de la pelvis, son

Tabla D-16 Principios de la minimización de la actividad de los flexores de la cadera en el entrenamiento de los abdominales

Minimización de la actividad flexora de la cadera

- Dinámica:**
1. Durante la realización del ejercicio no se puede flexionar la cadera
 2. No se debe enderezar la columna recta, sino que se debe enrollar

- Estática:**
1. No fijar las piernas ni los pies (no provocar acción = reacción)
 2. Inhibición de los antagonistas (contraer los extensores de cadera), traccionar los talones o empujar con los talones contra el suelo

incapaces de realizar un movimiento completo o compensar la resistencia demasiado alta con técnicas de falseamiento como el impulso, la activación de los flexores de la cadera o el lado de las piernas durante la elevación. El falsar los movimientos provoca cargas perjudiciales para la CL que acaban plasmándose en dolor de espalda. La solución que los entrenadores dan a estos problemas es la realización de movimientos más cortos, por ej, no levantar la CL en el movimiento de las flexiones de tronco. Pero de esta manera no se soluciona el problema, sino que más bien se aplaza. Si bien es cierto que de esta forma se evitan algunas cargas perjudiciales, esto se hace a costa de una serie de limitaciones funcionales y provocando la aparición de una insuficiencia muscular local de la región media de la musculatura abdominal, que ya se podía detectar en muchos practicantes de fitness. En numerosos simposios se ha demostrado la existencia de una insuficiencia considerable del segundo y especialmente del tercer compartimento del recto incluso en entrenadores que entrenaban de esta manera en las clases o en el entrenamiento de fuerza.

En consecuencia diremos que la resistencia de entrenamiento se debe determinar de forma que se produzca una gran eficacia de entrenamiento sin limitaciones funcionales. Como veremos en las siguientes descripciones de los ejercicios es muy sencillo adaptar la resistencia de entrenamiento teniendo en cuenta el peso del cuerpo y la capacidad de potencia (*power*) individual. El peso de la parte

superior del tronco se puede reducir con la aplicación de una fuerza de tracción contraria, o bien se puede cargar los músculos abdominales de forma totalmente independiente del peso del cuerpo mediante la utilización de máquinas.

Para las personas que quieran alcanzar una gran potencia también será necesario aplicar aumentos de la resistencia a largo plazo en el marco de un entrenamiento progresivo. En estos casos el peso del cuerpo ya no es suficiente, se debe aumentar la resistencia teniendo en cuenta que la fuerza se dirija específicamente a cada articulación (ver descripciones de los ejercicios).

e) Amplitud del movimiento del recto del abdomen

Los compartimentos del recto del abdomen están estirados al máximo cuando la CT y la CL están completamente extendidas, es decir, cuando la pelvis forma una hiperlordosis máxima con la columna lumbar, las costillas están lo más altas posible y se juntan las escápulas por detrás (¡pecho fuera, trasero fuera!). Para llegar a su máximo acortamiento, se debe flexionar al máximo todos los segmentos vertebrales de la CL y los segmentos de la CT medios e inferiores, la pelvis debe estar hundida y los arcos costales hacia abajo (encurvar al máximo la columna vertebral, posición embrionaria).

Para la selección de los ejercicios de entrenamiento abdominal se debe tener en cuenta esta amplitud del movimiento. El movimiento que acabamos de describir se puede practicar para tomar conciencia

del cuerpo y para estirar, pero no se puede realizar toda la secuencia de movimiento como ejercicio de entrenamiento de fuerza contra la correspondiente resistencia y sin implicación de las flexores de la cadera. Las resistencias de entrenamiento aplicables se verían reducidas por razones de equilibrio y además siempre debe haber como mínimo un compartimento (o su segmento vertebral) que actúe como contrafuerte que estaría limitado en su movimiento. Podemos deducir, pues, que para trabajar todos los compartimentos del recto con amplitud completa se necesita más de un ejercicio de entrenamiento. Se han desarrollado ejercicios para los compartimentos superiores/medios y para el compartimento inferior que hemos ampliado y adaptado funcionalmente en el siguiente bloque de ejercicios.

En mediciones efectuadas mediante EMG del recto del abdomen tanto en ejercicios para los compartimentos inferiores (por ej. levantamiento de la pelvis) como en ejercicios para los compartimentos superiores (por ej. flexiones de tronco) se detectó gran actividad muscular en todos los compartimentos. Algunos autores sacaron de estos resultados la conclusión de que la práctica de un solo ejercicio para el recto del abdomen era suficiente y de que la tan propagada clasificación de los ejercicios por compartimentos no era necesaria. No podemos aprobar esta conclusión porque una medición por EMG no es suficiente para llegar a una afirmación de este tipo (para la EMG ver información complementaria cap. B 3.2).

Otros análisis geométricos del movimiento en este ejercicio muestran claramente que sólo se activan concéntricamente los compartimentos correspondientes al segmento vertebral flexionado. En los ejercicios de pelvis, por ej., únicamente se activan del primero al segundo compartimento inferiores; los compartimentos restantes no modifican su longitud, y en los ejercicios de flexiones de tronco sólo se contraen los compartimentos superiores, del primero al tercero en función del grado de enderezamiento (ver presentación de los ejercicios en el cap. D 4.4).

El alto grado de tensión de todos los compartimentos se puede interpretar de una única forma: las grandes fuerzas de tracción que actúan sobre los compartimentos acortados deben ser desviadas isométricamente (ver desvío de fuerzas) hacia los puntos de fijación ósea (pelvis o arco costal inferior) a través de los compartimentos restantes. Sin la gran tensión isométrica de los compartimentos que no trabajan isométricamente, la fuerza de tracción de los compartimentos acortados cedería en seguida, se estiraría y la ya iniciada flexión de la CV desaparecería.

Si existe un acortamiento de algún compartimento del recto, se flexionan sus segmentos vertebrales correspondientes. Si el acortamiento es máximo, aparece una flexión máxima activa de este segmento vertebral. Cada movimiento de flexión se realiza alrededor de un eje de flexión que se encuentra dentro del disco intervertebral (ver biomecánica de la CV cap. D 2.1b).

Si por ej. se acorta el primer compartimento del recto al realizar el ejercicio de flexiones de tronco funcional, el primer tendón intermedio actúa como punto fijo y los segmentos vertebrales de la CT media se flexionan. Como eje de rotación de referencia tenemos el de T11/T12 (fig. D-60). Si asimismo se flexionan segmentos vertebrales más bajos es porque se ha acortado también el segundo compartimento. Su punto fijo será ahora el segundo tendón intermedio y el eje de rotación de referencia se situará en L1/L2. Si se acorta el tercer compartimento –ahora el punto fijo será el tercer tendón intermedio (directamente por encima del ombligo)–, se flexionan los segmentos vertebrales de la CL superior/media; el eje de rotación de referencia se encuentra en L3/L4.

Por razones de estabilidad, el cuarto compartimento situado entre el tercer tendón intermedio y la fijación de la pelvis solamente se puede comprender completamente con la elevación de la pelvis. En este caso se invierten el punto fijo y el punto móvil. El tercer tendón intermedio representa ahora el punto fijo, la inserción de la pelvis el punto móvil, y se flexionan los segmentos vertebrales que se encuentran por debajo del eje de rotación de referencia de L3/L4. Si en los ejercicios de elevación de la pelvis en banco inclinado se acorta también el tercer compartimento, el eje de rotación de referencia se desplaza hacia L1/L2, y todos los segmentos vertebrales situados por debajo pueden ser flexionados activamente.

! Desviación de las fuerzas en el acortamiento de un compartimento del recto

Para que en el entrenamiento de la musculatura abdominal sea posible efectuar el tan citado enrollamiento y para que cada uno de los compartimentos pueda acortarse independientemente, se debe fijar el tendón intermedio que actúe como punto fijo. Esto significa que las fuerzas que lo traccionan deben ser desviadas hacia el hueso, pues si no, según el principio de “acción = reacción” (ver cap. D 4.2c), no se podría desarrollar fuerza alguna de tracción; el enrollamiento y enderezamiento no serían posibles. Existen dos mecanismos para desviar las fuerzas de tracción.

Por un lado, los compartimentos restantes del recto que no están dinámicamente activos –o sea, los que no están acortados– cargan con toda la fuerza de tracción y, tensados isométricamente como si fueran un cable, la transmiten a la pelvis o a la caja torácica (flujo de fuerzas a través de las fijaciones del recto). El segundo mecanismo es desviar una parte de la fuerza de tracción hacia la cresta ilíaca o hacia la caja torácica mediante la tensión de los haces fibrosos laterales que forma la vaina del recto en estos puntos (flujo de fuerzas a través de los haces fibrosos laterales) (ver fig. D-59).

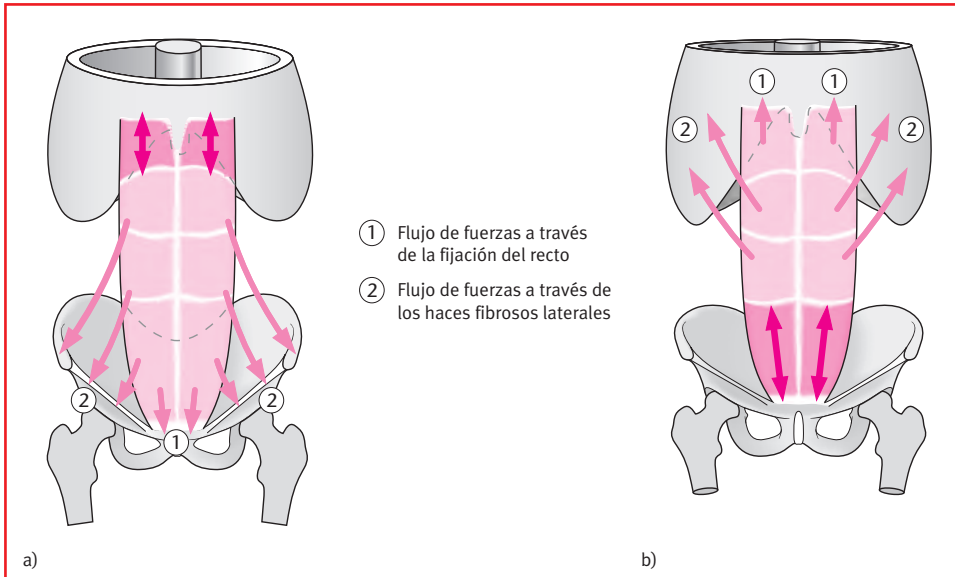


Figura D-59 Desviación de fuerzas en el acortamiento de un compartimento del recto del abdomen
a) Movimiento de flexión del tronco, acortamiento del compartimento superior
b) Movimiento de elevación de la pelvis, acortamiento del compartimento inferior

Muchas veces escuchamos a alguien decir que la CL superior no se debe elevar en ningún caso para evitar una tracción de los flexores de la cadera y no cargar demasiado la CL. Pero esta afirmación no se puede mantener en el marco de un entrenamiento muscular diferenciado de los abdominales, pues solamente tiene sentido si, como hemos mencionado en el capítulo anterior, se trabaja con una resistencia de entrenamiento “del peso del cuerpo” demasiado alta y se realiza incorrectamente el movimiento en consecuencia. En primer lugar, el tercer compartimento sólo puede ser entrenado mediante la flexión dinámica de la CL superior/media, lo que es muy importante para obtener una funcionalidad completa.

En segundo lugar, aplicando las medidas antes mencionadas se inhibe la actividad de los flexores de la cadera, de forma que por el principio de “acción = reacción” no se puede detectar valores de tracción (o muy pequeños) en la CL. En tercer lugar, la carga de la CL en la flexión activa alrededor del tercer eje de rotación de referencia con una resistencia de entrenamiento adecuada no presenta ningún tipo de problema (ver después D 4.2 f). El consejo funcional que les damos para conseguir los beneficios del entrenamiento descritos es que se enrolle alrededor de cada uno de estos ejes adaptando la resistencia de entrenamiento.

Si en un ejercicio se acorta más de un compartimento contra resistencia, el eje

de rotación se desplaza en correspondencia hacia craneal o hacia caudal (según el tipo de ejercicio). De aquí podemos extraer consecuencias para el entrenamiento en máquinas de un solo eje. En ellas, contrariamente a lo que ocurre en otros ejercicios abdominales, sólo se puede entrenar dinámicamente un solo compartimento del recto, pues, si moviéramos más, los ejes de rotación de referencia del cuerpo se alejarían cada vez más del eje de la máquina y se crearían fuerzas transversales crecientes que cargarían innecesariamente las articulaciones vertebrales. Estas máquinas, pues, no son adecuadas para el acortamiento de diferentes compartimentos con diversos ejes, sino que pueden ofrecer su calidad para entrenar aisladamente los comparti-

mentos. Muchas veces nos encontramos con que el tercer y el cuarto compartimentos (por encima y por debajo del ombligo) están muy debilitados y casi siempre subestimulados en el entrenamiento abdominal clásico (ver antes). Para el entrenamiento de los compartimentos del recto y como consecuencia de las múltiples articulaciones implicadas, es posible extraer las conclusiones siguientes:

La capacidad activa y completa de todos los segmentos de la CT y la CL viene determinada casi exclusivamente por la capacidad de potencia local de cada uno de los compartimentos. Con el entrenamiento muscular diferenciado se puede conseguir una movilidad fisiológica de la CT y de la CL.

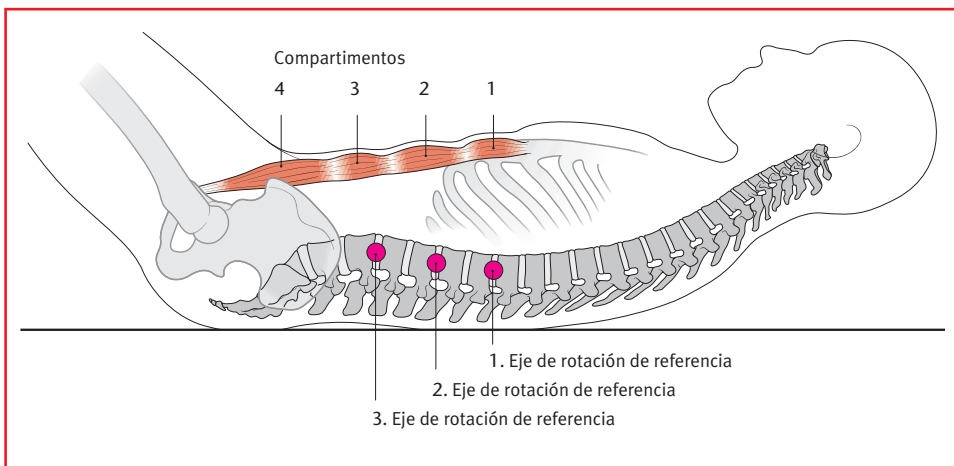


Figura D-60 Cuatro compartimentos del recto con sus tres ejes de rotación de referencia

1. Eje de rotación de referencia del primer compartimento
2. Eje de rotación de referencia del segundo compartimento para la flexión de tronco y del tercer compartimento para la elevación de la pelvis
3. Eje de rotación de referencia del tercer compartimento para la flexión del tronco y del cuarto compartimento para la elevación de la pelvis

Tabla D-17 Realización de ejercicios abdominales libres y de un solo eje

<p>Ejercicios libres del recto del abdomen Siempre que sea posible acortar progresivamente los compartimentos del recto (movimiento de enrollamiento)</p>
<p>Entrenamiento del recto del abdomen en máquinas de entrenamiento de un solo eje</p> <ul style="list-style-type: none">• Entrenamiento dinámico dirigido a cada uno de los compartimentos del recto• Se debe activar el eje de rotación correspondiente (no más bajo de L3/L4)• Se debe evitar los movimientos de enrollamiento

f) Cargas creadas en el ejercicio (consideración de las fuerzas)

Como ocurría con el entrenamiento de los extensores de tronco, si queremos trabajar con amplitudes del movimiento completas debemos comprobar las cargas en la posición inicial y en la posición final en cada ejercicio. Es interesante ver como se defendía y se defiende la tesis de que en los ejercicios de flexión de tronco se debe estirar al máximo pero nunca se debe llegar a la flexión máxima. Tras realizar diversas investigaciones, cálculos y experiencias con miles de deportistas ¡hemos comprobado que es exactamente lo contrario! Examinemos la situación detalladamente.

Consideración de las fuerzas en posición de extensión máxima

Analizaremos comparándolas las posiciones iniciales de tres ejercicios abdominales diferentes y de dos variantes.

En la posición inicial de los ejercicios **a) a d)** (fig. D-61) hay un **momento de rotación considerable** $M_{resistencia}$ que actúa extendiendo el tronco. Los responsables de esta acción son los grandes brazos de palanca que se forman como consecuencia de la fuerza de resistencia que actúa

radialmente $F_{resistencia}$ (en a), c) y d) la $F_{resistencia}$ = peso de la parte superior del tronco, en b) y e) es el peso insertado menos la parte del peso de la parte superior del tronco). Sólo los músculos abdominales son capaces de producir un momento de contrarrotación en correspondencia $M_{músculo}$ y flexionar así el tronco. Además, la fuerza de los músculos abdominales actúa como fuerza de compresión $F_{músculo}$ axialmente sobre la columna vertebral. Mientras las vértebras están colocadas en posición neutra, ésta proporciona un perfil de presión regular. Se alcanza la posición neutra cuando a) se empuja con la CL sobre la superficie de apoyo y b) se ajusta la posición inicial en la máquina con la ayuda de un limitador de movimiento de forma que en ningún caso se produzca la lordotización de la CL (en los casos c) y d) no es así, ver abajo). Si el practicante tiene una lordosis importante se aconseja empezar el ejercicio con una posición de ligera cifosis.

Las resistencias de entrenamiento en **a) a d)** crean **fuerzas de cizallamiento** adicionales hacia dorsal. Y ya sabemos que los discos intervertebrales pueden tolerar grandes cargas de compresión,

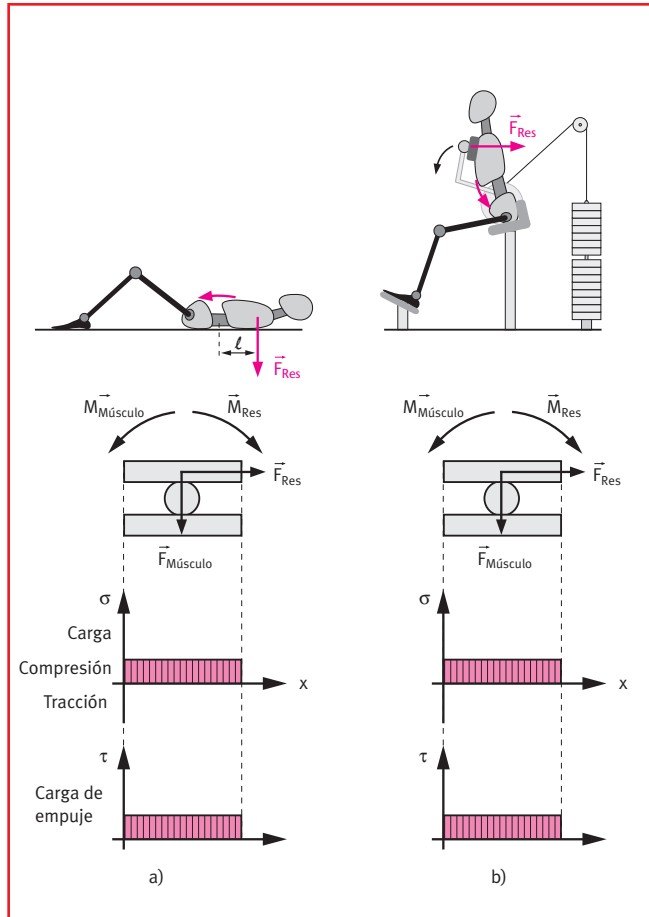
pero apenas son capaces de absorber fuerzas de cizallamiento (Hutton 1992). En los ejercicios de elevación de la pelvis se puede desviar las fuerzas de cizallamiento de forma ideal a través de las articulaciones interapofisarias (congruencia articular). En los ejercicios a) a d) la congruencia articular todavía no funciona, pues aquí la fuerza de cizallamiento actúa separando las carillas. Si los músculos abdominales están fuertes, son fuerzas de empuje pueden ser desviadas hacia dorsal

a través de la tensión horizontal de la fascia toracolumbar mediante el transverso del abdomen y el oblicuo interno del abdomen (ver cap. D 2.3b). Si esto no es así, se puede producir un aumento de la presión en los ligamentos y finalmente en el conducto vertebral.

Como se muestra en c), la **carga inicial** aumenta con la utilización de un cojín lordosante. El momento de resistencia en posición extendida crea un aumento de la compresión dorsal. Por la exten-

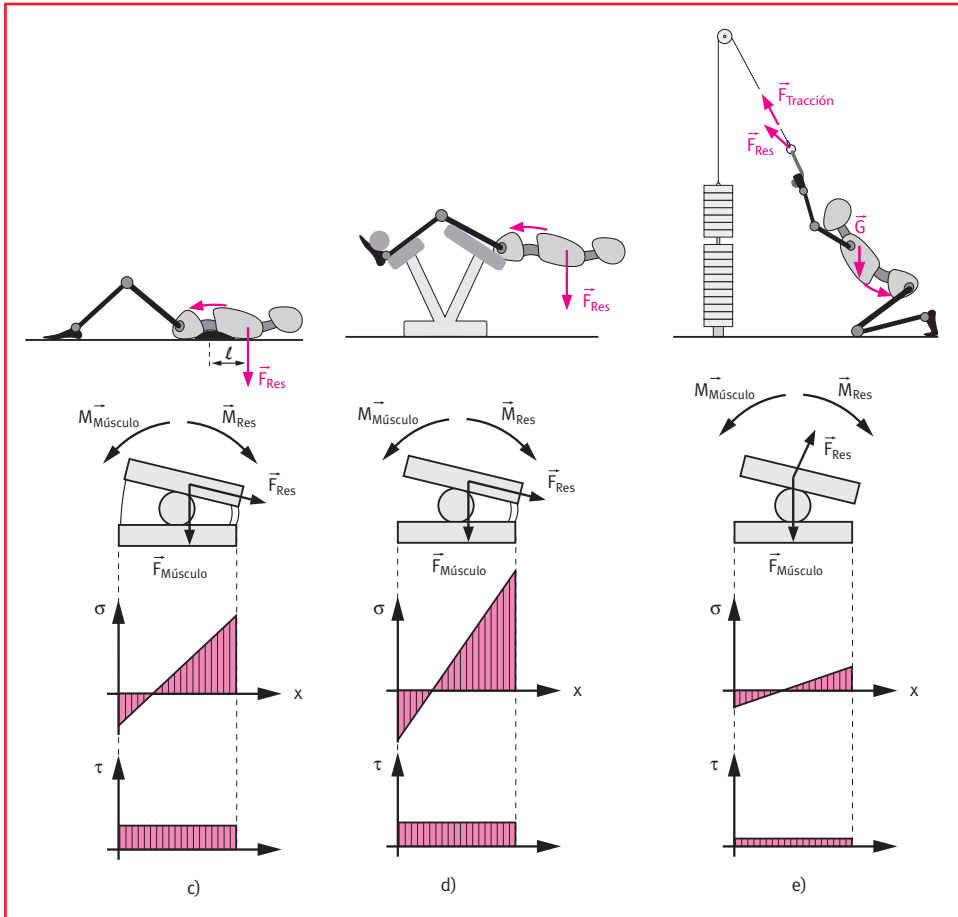
Figuras D-61a-e

- Consideración de las fuerzas de distintos ejercicios de entrenamiento de los abdominales en posición de extensión (posición inicial)
- a) Flexión de tronco funcionales
 - b) Flexión anterior abdominal con limitación de inicio
 - c) Movimiento de flexión de tronco con cojín lordosante
 - d) Movimiento de flexión de tronco en la silla romana
 - e) Ejercicio Salam



sión de la CL la fuerza de compresión $F_{\text{músculo}}$ se desplaza hacia dorsal. Esto provoca una situación de flexión que causa una tensión de tracción en la zona central y una gran carga de compresión en la zona dorsal de las fibras externas del anillo fibroso. Desde el momento en que el practicante se ha flexionado lo suficiente como para que la dirección de la fuerza discorra de nuevo centralmente, desaparece el punto de carga de compresión máxima dorsal, y se volverá a crear al bajar el

cuerpo al final de la fase de movimiento excéntrica. Desafortunadamente la fuerza muscular abdominal deslindosante en posición de extensión de la CL provoca un aumento del punto de carga de compresión máxima dorsal. Esto ocurre más claramente cuanto menor sea la fuerza muscular abdominal y la capacidad de coordinación del practicante para realizar el enrollamiento y el desenrollamiento vértebra por vértebra (especialmente problemático en principiantes, ver informa-



ción complementaria: utilización de soportes para la lordosis).

Si los músculos abdominales están demasiado débiles y el practicante todavía puede activar la tracción del psoas si tiene las piernas fijadas, como en el ejercicio **d**), el punto de carga de compresión máxima dorsal continúa creciendo. Además, se puede producir una posición superforzada, pues cuando al final de la serie se produzca el agotamiento, el ejercicio no ofrecerá mecanismos de protección.

En el contexto de buscar alternativas para los ejercicios **c**) y **d**) son interesantes las investigaciones de *Rauschnig* sobre la carga de la CL en la extensión forzada de la CL. De estas investigaciones se desprende que en una posición de fuerte extensión se puede producir la siguiente situación: la apófisis articular inferior de la vértebra craneal es comprimida sobre el arco vertebral de la vértebra situada caudalmente por acción de la fuerza de cizallamiento y del punto de carga de compresión máximo. Puede actuar así como un cincel sobre esta estructura y provocar incluso su fractura (Rauschnig 1991). Si se efectúan los ejercicios **c**) y **d**) cuando existe un déficit de coordinación (grandes puntos de carga máxima), se puede llegar a provocar una espondilólisis (fisuras del arco vertebral).

En el ejercicio **e**) (fig. D-61) la fuerza de resistencia en la fase inicial no actúa sólo radialmente, sino también axialmente como fuerza de tracción a lo largo de la columna vertebral. De ello resulta –por el reducido brazo de palanca actuante– un

momento de rotación muy pequeño. El peso de la parte superior del tronco es compensado completamente por el peso insertado, la resistencia de entrenamiento actúa pues exactamente contra la dirección de la tracción del recto del abdomen, lo que le permite desarrollar su fuerza de forma ideal desde el inicio del movimiento. En posición de extensión casi no aparecen cargas de empuje, y, en consecuencia, en esta estructuración de los ejercicios ni siquiera las posiciones de estiramiento máximo de los músculos abdominales provocan grandes cargas en la columna vertebral.

Información complementaria

Utilización de apoyos lumbares Los apoyos lumbares en general

Para la realización de ejercicios con carga de compresión axial como la máquina de press de hombros sobre la cabeza o en algunas prensas de piernas, pero también cuando se debe mantener posturas durante mucho rato sentados en el despacho o en el coche, se ofrecen apoyos lumbares con un determinado abombamiento para descargar la columna lumbar. Con estos cojines se evita la cifotización de la CL y se evita la creación de puntos de carga máxima locales en la parte ventral y en la parte dorsal, sobre todo si se aplican grandes cargas axiales. De esta forma se puede desviar la carga en la dirección más ventajosa, la dirección axial.

Apoyos lumbares en el entrenamiento de los abdominales

En el entrenamiento de los abdominales también se utilizan cojines lumbares para descargar la CL y además para garantizar el estiramiento previo de la musculatura abdominal.

Pero el abultamiento del cojín lumbar provoca sin duda un aumento de la extensión de la columna que hace que los puntos de inserción de la musculatura abdominal al inicio del movimiento estén todavía más alejados; de esta forma se consigue una mayor amplitud del movimiento para estos músculos.

En contraposición a los ejercicios típicos expuestos, en el entrenamiento de los abdominales la carga no actúa axialmente como fuerza de compresión, sino radialmente como fuerza de cizallamiento sobre la columna vertebral, es decir, de ventral hacia dorsal (ver fig. D-61). De este modo, justamente en la posición de extensión máxima se crea la mayor fuerza de cizallamiento y al mismo tiempo el máximo momento de rotación extensor (pues justamente en esta posición es cuando el brazo de palanca es mayor). A esto debemos añadir que, a diferencia del caso anterior, la columna vertebral no se mantiene permanentemente en contacto con la superficie de apoyo, sino que es flexionada y extendida, o sea, se aparta de la superficie con cada repetición. Si utilizamos un

cojín lordosante en los bancos o máquinas abdominales clásicos, cuando el perfil de resistencia es máximo, la columna se sitúa en una posición de extensión forzada, lo que provoca puntos de carga máxima locales en las estructuras dorsales de la CL, especialmente si los abdominales no son muy fuertes (compresión dorsal: posición forzada).

Conclusiones:

- No se aconseja utilizar apoyos lumbares para el entrenamiento de los abdominales.
- Para reducir la carga de la CV en la fase inicial se aconseja empujar con toda la CL sobre la superficie de apoyo, que procuraremos que sea blanda.
- Utilizaremos preferentemente moldes de pelvis o de glúteos antes que cojines para la lordosis, en especial para las personas con hiperlordosis o con glúteos grandes, con el fin de evitar la lordotización de la CL.
- Para conseguir más estiramiento (mayor amplitud del movimiento) se puede organizar ejercicios como el ejercicio salam sin carga.
- La utilización de cojines de lordosis puede ser adecuada en deportistas con gran capacidad de coordinación que se puedan enderezar y pasar de nuevo a la posición tendida enrollando la columna segmento a segmento en cada repetición.

Consideración de las fuerzas en posición de máxima flexión

Si se establecen las condiciones expuestas en los principios EF y las condiciones biomecánicas adecuadas, las posiciones de máxima flexión en los ejercicios abdominales no deben presentar problema alguno.

Argumentos

- La flexión de la columna vertebral se realiza activamente gracias a la fuerza muscular (contra resistencia) y no pasivamente mediante el estiramiento forzado o con impulso. De esta forma se produce una amplia flexión, pero nunca una flexión “demasiado máxi-

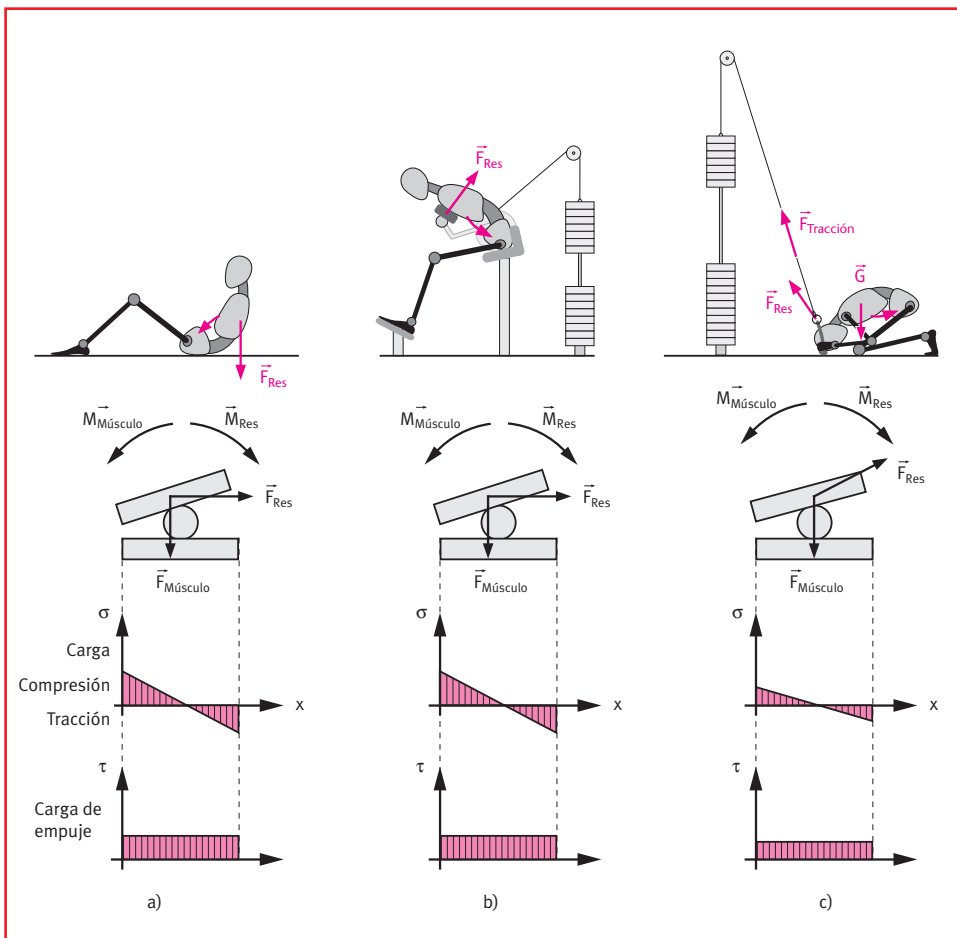


Figura D-62 Consideración de las fuerzas en diferentes ejercicios de entrenamiento abdominal en posición de flexión (posición final)
a) Flexiones de tronco funcionales b) Flexión abdominal anterior c) Ejercicio salm

- ma” (Gracovetsky 1981); se alcanza solamente la movilidad articular activa, no la pasiva.
- No se produce ninguna posición forzada, pues en todos los ejercicios descritos la resistencia actúa contra la dirección del movimiento (no hay ningún momento de rotación que actúe en la flexión; si se produce agotamiento la estructuración del ejercicio nos hace retroceder de la posición flexionada).

- En posición de flexión la columna experimenta fuerzas de compresión axial nulas o muy pequeñas; no se produce aplastamiento de la columna vertebral.

De los argumentos expuestos podemos deducir que el punto de compresión máxima ventral no representa ningún problema. Las consecuencias inmediatas de este entrenamiento son la aplicación de cargas de compresión y de cambio fisio-

Tabla D-18 Comparación de tres ejercicios abdominales

	Flexiones de tronco funcionales	Flexión abdominal anterior	Ejercicio salam
Flexión máxima	No crítica	No crítica	No crítica
Extensión máxima	Sería crítica, pero tampoco es posible sobre un banco plano	Crítico, peligro de posición forzada. Tiene sentido limitar el movimiento	No crítica, no se crea posición forzada
Amplitud de movimiento	Se puede entrenar los tres primeros compartimentos	Se puede entrenar el primero, el segundo o el tercer compartimento	Máxima amplitud del movimiento, se puede entrenar los tres primeros compartimentos
Resistencia del entrenamiento	Peso del cuerpo; es necesario adoptar medidas para reducirlo o aumentarlo.	No depende del peso del cuerpo	No depende del peso del cuerpo
Fuerzas de cizallamiento	Altas, especialmente al inicio del ejercicio	Altas durante todo el movimiento	No problemáticas, mínimas al inicio, aumentan en la fase de flexión
Grado de dificultad	Fácil a medio (2-3)	Muy fácil (1)	Medio (3)
Observaciones	<ul style="list-style-type: none">• Evitar realizar este ejercicio en la silla romana o con grandes cojines lumbares; posiciones superforzadas• Va bien utilizar pequeños moldes de pelvis• Utilizar superficies ligeramente oblicuas o con forma cifótica	<ul style="list-style-type: none">• Limitar la posición inicial (limitador de movimiento)• Evitar la utilización de cojín lumbar• Los ejes deben ser ampliamente ajustables	<ul style="list-style-type: none">• Se puede realizar con amplitud completa• Debemos evitar cualquier movimiento de pelvis

lógicas, de estímulos de acortamiento totales de los músculos implicados y una mejora de la coordinación. Debemos tener en cuenta que la existencia de determinadas patologías puede limitar la posición de flexión.

En la tabla D-18 se analizan tres ejercicios abdominales según las reflexiones expuestas hasta ahora.

g) Amplitud del movimiento de los músculos abdominales laterales

Después de habernos ocupado de la musculatura abdominal recta se plantea la cuestión de saber si los músculos abdominales laterales también son entre-

nados o si es necesario establecer ejercicios adicionales para ellos. Las investigaciones realizadas con mediciones EMG demuestran que durante la realización de “ejercicios para la musculatura abdominal recta” se detecta una actividad de la musculatura lateral de media a alta. Los análisis geométricos del movimiento también constatan que durante los movimientos de flexión los haces de fibras laterales también se acortan debido a la fijación entre las costillas y la cresta ilíaca. De este modo, en todos los ejercicios para la musculatura abdominal recta también se activan dinámicamente las partes laterales.

Pero aún así, exponemos a continuación diversas razones que justifican la necesidad de entrenar explícitamente la musculatura abdominal lateral. Por lo tanto la clasificación clásica de ejercicios para la musculatura recta y para la musculatura lateral es practicable y tiene mucho sentido.

Con el entrenamiento de la musculatura recta no se alcanzan amplitudes del movimiento completas para la musculatura lateral. Solamente efectuando movimientos en las respectivas direcciones de los haces fibrosos se alcanzará su acortamiento máximo (inversamente ocurre lo mismo, entrenando sólo la musculatura lateral, el recto del abdomen tampoco alcanza la amplitud del movimiento total).

Como ya hemos visto, la musculatura abdominal lateral, a través de la vaina del recto, tiene la capacidad de activarse tanto ipsolateral como contralateralmente

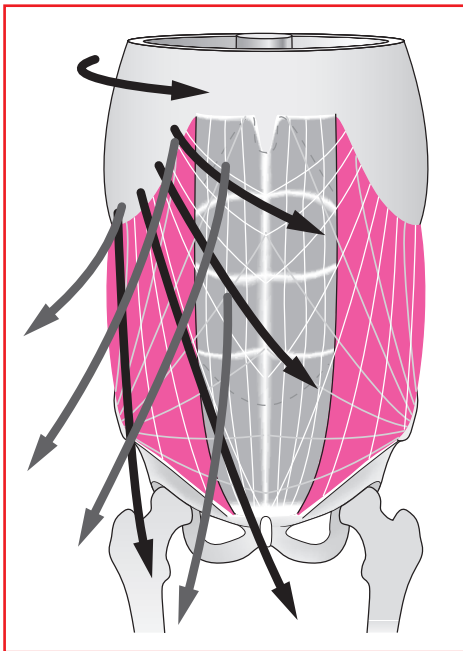


Figura D-63 Direcciones de movimiento bajo consideración de las cadenas cinéticas de los músculos abdominales laterales (movimientos del lado derecho del cuerpo)

con un amplio espectro de ángulos. Con la aplicación de un entrenamiento muscular diferenciado de estas variantes de movimiento –flexión lateral y rotación en distintos ángulos– la capacidad de coordinación del tronco aumenta considerablemente (ver principio EF 6 y cap. D 2.2).

El cuadrado lumbar, como clásico flexor lateral de la CL, sólo se entrena dinámicamente con elementos de flexión lateral en el entrenamiento de la musculatura lateral y no en el entrenamiento de la musculatura recta.

Únicamente aplicando diferentes cinemáticas (cadenas cinéticas) en el entrenamiento de la musculatura lateral conseguiremos generar cargas de compresión y de cambio en las diferentes zonas, lo que tiene como consecuencia general la obtención de una mayor solidez diferenciada de las estructuras pasivas.

h) Entrenamiento abdominal con problemas de espalda

A los practicantes que padezcan patologías/lesiones agudas de la columna vertebral se les aconsejará visitar a un médico/ortopeda antes de empezar el entrenamiento muscular abdominal. Si no se establecen contraindicaciones médicas de ningún tipo o si existe un dolor de espalda crónico de larga duración, es muy aconsejable la puesta en marcha de un entrenamiento muscular abdominal diferenciado combinado con el entrenamiento de los extensores de tronco por todas las razones ya expuestas. Según el cuadro

clínico existente será necesario limitar algunos aspectos del movimiento o esperar llegar a fases avanzadas del entrenamiento para empezar la práctica de determinados ejercicios. Pero si siempre tiene en cuenta los 12 principios del entrenamiento de la fuerza, tiene presentes las relaciones de fuerza existentes, dosifica adecuadamente las cargas de los ejercicios y controla la realización del ejercicio junto con el practicante, teniendo también en cuenta como se siente, no se debe presentar ningún tipo de problemas. Esta forma de entrenamiento optimiza las cargas y ofrece al mismo tiempo importantes estímulos. Tenga presente que sólo si se crea una musculatura del tronco fuerte y funcional será posible poner fin al círculo vicioso que representa el “dolor de espalda” (ver cap. D 2.3e).

Limitaciones del movimiento: hernia discal

En las personas que hayan sufrido una hernia discal recientemente se debe evitar adoptar posiciones finales máximas en la zona lesionada de la columna vertebral. Si la hernia se ha producido en el segmento L5/S1 (junto con L4/L5 es la localización más habitual), podemos entrenar en flexión completa los dos primeros compartimentos del recto aislando correctamente la zona lesionada; deberemos ajustar las máquinas de un solo eje exactamente (ajustar únicamente para los dos ejes de rotación de referencia superiores), en los ejercicios libres el enrollamiento se debe realizar sólo hasta el

segundo compartimento (no se puede levantar la CL). Pero los dos compartimentos inferiores, y las respectivas articulaciones vertebrales, también deben ser entrenados en flexión, pues, como ya hemos explicado, la experimentación de cargas de compresión y de cambio es importante para la nutrición de estas estructuras y para el fortalecimiento de las estructuras pasivas. Sin embargo, en consideración de las regiones lesionadas trabajaremos con amplitudes del movimiento muy limitadas, es decir, limitaremos el movimiento de flexión al 50%. Por otro lado, en la primera fase de entrenamiento aplicaremos sólo resistencias muy pequeñas. Para hacerlo podemos utilizar máquinas de un solo eje que dispongan de ejes de rotación que se puedan ajustar de forma muy precisa y de un limitador de movimiento ajustable (*Range Limiter*) para las posiciones inicial y final. El objetivo que perseguimos es alcanzar la amplitud máxima con el

tiempo, necesaria para los requerimientos de la vida cotidiana, en la que se pueden presentar grandes cargas inesperadas en cualquier momento. Lo que debemos conseguir en primer término es crear una protección muscular para las estructuras lesionadas (ver entrenamiento de los extensores del tronco) ante las incidencias de la vida diaria, mejorar su nutrición mediante la aplicación de cargas fisiológicas de cambio y de compresión, y reforzar lentamente los tejidos pasivos aumentando por ej. los depósitos de colágeno. Hasta que se entre en una segunda fase (que debe ser determinada según cada caso individual, como muy temprano al cabo de 1 o dos meses) no se empezará a aplicar mayores amplitudes del movimiento, normalmente poco críticas. En estos casos es evidentemente muy importante tener un buen asesoramiento para la realización de los ejercicios y para actuar consecuentemente ante las posibles reacciones surgidas.



Figura D-64 Presa del arco costal anterior (presa de ayuda para el acortamiento el primer compartimento)

4.3 Presas auxiliares

Para ayudar al practicante en la realización de los ejercicios, el entrenador necesita conocer algunas presas. Serán de utilidad la presa de los cuatro puntos anterior y posterior (ver cap. D 3.3) y las presas costales, de palanca posterior y del arco costal anterior. Para orientarse utilice de nuevo la cresta ilíaca anterosuperior (ver cap. D 3.3).

a) Presa del arco costal anterior

Para palpar mejor los arcos costales anteroinferiores, pídale a su compañero



Figura D-65 a + b Presa de palanca de las costillas para ayudar en el movimiento de flexión de la CV
a) Desde anterior (ej.: flexiones de tronco b) Desde posterior (ej.: ejercicio salam)

que inspire llenando la caja torácica y relajando la cavidad abdominal. Normalmente de esta forma podrá palpar directamente los arcos costales. Si no puede, coloque además una mano sobre el abdomen con los dedos separados. Empuje ligeramente con sus dedos hacia arriba hasta que pueda palpar claramente los arcos costales inferiores. Para efectuar la presa del arco costal coloque sus pulgares sobre un arco costal y los dedos restantes sobre el otro. Para la realización de los movimientos, especialmente en el movimiento de flexiones de tronco, ejerza una ligera presión simétrica sobre ambos arcos costales para acompañar el movimiento. De esta forma facilitará la contracción del primer compartimento del recto. Descienda de 3 a 6 cm con la mano para acompañar cinéticamente la contracción del segundo compartimento efectuando también una ligera presión, y después descienda todavía un poco más para el tercer compartimento.

Otra forma de ayudar a realizar este movimiento es abarcando la cintura esca-

pular del practicante con la mano libre durante la utilización de la presa del arco costal anterior y levantarla ligeramente.

b) Presa de palanca de las costillas (entrenamiento abdominal)

Para ayudar al practicante durante la realización del movimiento de enrollamiento de la parte superior del tronco, puede utilizar la presa del arco costal ya presentada en el entrenamiento de los extensores del tronco. En esta presa abarca los arcos costales inferiores de la caja torácica desde anterior (flexiones de tronco) o desde posterior (ejercicio salam) con las manos abiertas. Para acompañar el movimiento ejerza cierta presión sobre el tronco del practicante en la dirección deseada. Si sólo se debe ejercitar una zona determinada, por ej. en máquinas abdominales de un solo eje, la presa de palanca de las costillas se debe adaptar al eje de rotación correspondiente. Si hay que realizar un enrollamiento alrededor de diversos ejes, las manos descenden progresivamente y vuelven a subir

en la fase de movimiento excéntrica. De este modo se puede enseñar mejor el entrenamiento abdominal dinámico con enrollamiento compartimental.

c) Presa de los cuatro puntos (anterior)

En todos los ejercicios abdominales en los que la pelvis represente el punto fijo, se debe evitar los movimientos de la pelvis. Con la ayuda de la presa de los cuatro puntos el entrenador puede controlar y evitar si es necesario los movimientos de la pelvis, especialmente en los ejercicios realizados en el suelo, como los las flexiones de tronco. Para efectuar esta presa coloque los pulgares sobre las crestas ilíacas anterosuperiores del practicante desde anterior/lateral y abarque con los dedos restantes el ilíaco lateralmente. Con esta presa es posible detectar el más mínimo movimiento de la pelvis. Si el practicante activa algún movimiento de la pelvis durante el enrollamiento usted puede actuar en dirección contraria efectuando una ligera presión sobre las crestas o girando la pelvis hacia atrás.



Figura D-66 Presa de los cuatro puntos (anterior) para estabilizar la pelvis

En ejercicios como el salam y en algunos ejercicios con máquinas de un solo eje, como ya se ha visto en el entrenamiento de los extensores del tronco, se utiliza la presa de los cuatro puntos (posterior) (ver fig. D-28). Aquí también se evita el movimiento efectuando presiones o tracciones en dirección contraria al movimiento.

4.4 Entrenamiento primario de la musculatura abdominal recta

Para facilitar la comprensión de los ejercicios abdominales diferenciados que presentamos a continuación les aconsejamos leer detenidamente los siguientes capítulos: cap. C “Los doce principios del entrenamiento muscular diferenciado”, el subcapítulo D 4 “Entrenamiento de los músculos abdominales” y el subcapítulo D 2 “Biomecánica”. Pero vamos a exponer la práctica del entrenamiento diferenciado de la musculatura abdominal con diversas variantes de entrenamiento con sus puntos esenciales.

a) Flexiones de tronco funcionales en el suelo y sobre un banco

Este ejercicio es una combinación de los levantamientos de tronco clásicos (del ingl. enderezar) y de las flexiones de tronco más modernos. Se libra de las desventajas de los ejercicios de levantamiento de tronco clásicos (grandes cargas para la CL y gran actividad de los flexores de cadera) y de la incompleta actividad dinámica muscular abdominal de las flexiones de tronco. Con las flexiones de tronco funcionales se alcanza un acortamiento total

de los tres primeros compartimentos del recto del abdomen y considerables amplitudes del movimiento de los haces fibrosos de los músculos laterales entre la cresta ilíaca y los arcos costales inferiores.



Grado de dificultad: de fácil (2) a medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Recto del abdomen (los tres compartimentos superiores)

Sinergistas

- Oblicuo externo del abdomen
- Oblicuo interno del abdomen

Estabilizadores

- Recto del abdomen (compartimento inferior)
- Transverso del abdomen
- Según la fijación: isquiotibiales o glúteo mayor
- Flexores de la CC

Realización de las flexiones de tronco funcionales en el suelo

Posición

El practicante está tendido en decúbito supino y flexiona las rodillas apoyando los pies en el suelo de forma que las rodillas formen un ángulo de unos 90° y las caderas uno de 45° de flexión.

Alternativas para la posición de los pies (tema desactivación de los flexores de la cadera, ver cap. D 4.2c):

1. Los pies se apoyan libremente sobre el suelo. Ninguna fijación de los pies
→ poca tracción de los flexores de



a)



b)



c)

Figura D-67a–c Posibilidades de fijación de los pies en las flexiones de tronco funcionales:
a) Los talones empujan contra el suelo
b) Los talones están encajados en un puntal
c) Las piernas están bien fijadas en un banco de abdominales mediante la tracción de los flexores de la rodilla

- cadera (máximo de la magnitud del peso de las piernas).
2. Los talones empujan fuertemente contra el suelo. Actividad de los glúteos → ninguna tracción de los flexores de cadera (inhibición antagonista) (ver fig. D-67a).
 3. Los pies se colocan detrás de un puntal rígido –por ej. el puntal de una máquina de entrenamiento– y se intenta llevarlos hacia el cuerpo efectuando un poco de fuerza. Actividad de los isquiotibiales → no hay tracción de los flexores de la cadera (inhibición antagonista) (ver fig. D-67b).
 4. Todas las variantes son aconsejables, pero la tercera variante es la más fácil de realizar.

Realización

- Levante la cabeza, empuje con las costillas hacia abajo y desplácese sistemáticamente hacia delante. Procure que la CL mantenga durante el máximo de tiempo posible el contacto con el suelo (flexión vértebra a vértebra). Para acortar finalmente el tercer compartimento del recto del abdomen, la CL debe ser levantada hasta L3–L4 (enrollamiento). De forma general, el movimiento de enrollamiento se puede efectuar mientras la pelvis no se mueva (llegados a este punto se activarían los flexores de la cadera).
- Durante el movimiento de regreso desenrolle sistemáticamente la columna vertebral de forma que apoye progresivamente la CL media, después la superior y a continuación la CT infe-

rior (nunca debe volver con la espalda recta). La CT superior (aprox. hasta T5) y la cabeza *no* se han de apoyar en ningún momento durante la realización del movimiento (para no relajar los músculos abdominales).

- Al levantarse durante el movimiento puede colocar las manos lateralmente o en la cabeza desde anterior o sobre el pecho. Si quiere colocar las manos detrás de la cabeza, debe procurar no tirar de ella (carga de la CC). Para facilitar el movimiento puede también mantener los brazos extendidos hacia delante (se reduce el momento de rotación). Coloque las muñecas flexionadas en un ángulo de 90° e imagine que tiene una pared “imaginaria” delante que debe empujar con ambas manos a medida que avanza el movimiento de enderezamiento (buena visualización para ayudar a realizar el movimiento correctamente).

Posición de la cabeza

- Durante la realización del movimiento debe mirar hacia delante o ligeramente hacia arriba (pero no debe dejar caer la cabeza hacia atrás).
- Si la tensión de la cabeza le provoca dolor o no hace correctamente la secuencia de movimiento, también puede fijar la cabeza contrayendo isométricamente los flexores del cuello. La acción de la cadena flexora también tendrá un efecto beneficioso sobre la musculatura abdominal. Para hacerlo, coja un cojín pequeño o una toalla pequeña doblada que sostendrá

con la barbilla contra el pecho, sujetándola durante todo el ejercicio (fig. D-69).

- Si esto no puede ser llevado a cabo por el practicante, puede pasar una toalla por detrás del occipital sujetando la cabeza y realizar el ejercicio mientras alguien le sostiene así la cabeza.

Aumento o disminución de las resistencias

Disminución de la resistencia con un tube o con tracción de poleas para principiantes

Con frecuencia nos encontramos con que el peso del cuerpo representa una resistencia de entrenamiento demasiado importante. En consecuencia, el ejercicio no se puede llevar a cabo o solamente se puede efectuar con una amplitud limitada (ver cap. D 4.2). Para disminuir la resistencia utilice un tube o la tracción de una polea. Mediante la tracción de una polea o un tube hacia delante se puede reducir la resistencia ofrecida por el peso del cuerpo proporcionalmente a la fuerza de tracción aplicada. Sujete el tube a un soporte fijo de forma que quede dispuesto oblicuamente hacia arriba y que quede tensado cuando adopte la posición inicial para la flexión de tronco (fuerza de tracción) (fig. D-70). En el caso de la polea de tracción colóquese delante del aparato de tracción de forma que el cable de tracción sostenido con las dos manos quede inclinado oblicuamente hacia delante y hacia arriba. En general los brazos estarán extendidos. Con la ayuda de este

material auxiliar prácticamente cualquier practicante podrá ejecutar el movimiento dinámicamente con la fuerza abdominal de que disponga hasta el acortamiento del tercer compartimento.

Disminución de la resistencia sobre un banco inclinado

En lugar de realizar las flexiones de tronco funcionales sobre el suelo o sobre una superficie horizontal, puede realizarlas sobre una superficie inclinada en la que la cabeza quede situada en el punto más alto. Con esta posición se reduce el brazo de carga efectivo, lo que causa una disminución de la resistencia. El grado de inclinación no debe ser demasiado inclinado, de forma que el acortamiento del tercer compartimento todavía pueda realizarse con una resistencia suficiente (ver fig. D-71).

Aumento de la resistencia con discos de peso o tube en practicantes avanzados

- Se debe sostener el disco con ambas manos simétricamente delante del pecho de forma que las manos toquen el pecho. Durante la realización del movimiento el peso se debe mantener rígido y no se puede utilizar como masa de impulso (ver fig. D-72).
- En practicantes muy avanzados el peso se puede colocar sobre la frente, pero debe ser sostenido constantemente con las manos y sólo se puede enviar una parte de la carga a la CC. Con este ejercicio se cargan todavía más los flexores del cuello.

Figura D-68a-d Realización del ejercicio de flexión de tronco funcionales

a) Posición inicial



b) Acortamiento del primer compartimento



c) Añadimos el acortamiento del segundo compartimento



d) Añadimos el acortamiento del tercer compartimento





Figura D-69 Activación isométrica de los flexores del cuello durante la realización del movimiento



Figura D-71 Flexiones de tronco funcionales sobre un banco inclinado para disminuir la resistencia

- Evidentemente esta forma de entrenamiento no está pensada para los practicantes de fitness, sino que sólo es interesante y practicable para los deportistas de competición.
- Si utilizamos tubes, los debemos fijar detrás del practicante y, sostenidos por las manos del practicante, son estirados durante el movimiento de enrollamiento, lo que representa un mayor empleo de fuerza de los músculos abdominales (en este movi-

miento debemos mantener los brazos extendidos hacia delante).

Control del ejercicio

- Como **entrenador** usted debe controlar que el practicante efectúe correctamente el movimiento de enrollamiento. Usted puede ayudarle si le aplica una presa sobre el arco costal ventral inferior y efectúa una ligera presión al inicio de cada repetición. Con este movimiento el practicante acorta automáticamente el primer compartimento



Figura D-70 Flexiones de tronco funcionales con tube para disminuir la resistencia

del recto del abdomen (primera fase del movimiento de enrollamiento). Para los dos compartimentos restantes, efectúe de nuevo una ligera presión unos 5 cm más abajo (en correspondencia con los ejes de rotación ahora más bajos). El movimiento de enrollamiento también se facilita cogiendo al practicante por la espalda (ligera presión hacia delante con la mano abierta a la altura de la CT, ver fig. D-64).

- Como **practicante** debe concentrarse en efectuar correctamente el enrollamiento de la columna vertebral durante el movimiento de elevación y evitar todo tipo de movimiento de impulso. Si se levantan las piernas al enderezarse, ello significa que está activando los flexores de cadera o que pierde el equilibrio cuando la posición de los muslos es demasiado inclinada. Coloque las piernas un poco más oblicuas o fije los talones contra una resistencia y active los flexores de las rodillas.

Variantes de los ejercicios

Flexiones de tronco funcionales sobre un banco de abdominales

Además de las indicaciones ya dadas, debemos añadir las siguientes:

- Los bancos de abdominales han de disponer de soportes ajustables para los pies y para las piernas. Ajuste la altura de forma que se pueda fijar las piernas mediante la tracción de los flexores de la rodilla contra la superficie. No se debe realizar la fijación en los muslos ni en los pies por la gran estática de flexión de la cadera que se desarrolla.
- Evite los 90° de flexión de la cadera (excepto cuando la tracción de los flexores de la rodilla sea muy importante), pues en esta posición el completo enderezamiento fisiológico de la parte superior del tronco como mínimo hasta L3 es extremadamente difícil o imposible por motivos de equilibrio.
- Evite también utilizar apoyos lumbares u otro tipo de soportes para la columna. Pero sí puede utilizar mol-

Figura D-72 Flexiones de tronco funcionales con discos de pesos para aumentar la resistencia





Figura D-73 Flexiones de tronco funcionales sobre un banco

des para la pelvis que se continúen con una superficie de apoyo para la espalda recta o incluso cóncava, es decir, estructurar el ejercicio de forma que la columna esté más bien situada en una posición inicial de ligera cifosis (ver cap. D 4.2f).

Flecciones de tronco en el suelo con un ejercitador para abdominales

El ejercitador para abdominales no puede ayudarnos a tener un vientre plano (contradiendo lo que anuncian muchos anuncios publicitarios), pero representa una variante de entrenamiento funcional con posibilidad de apoyar la cabeza.

- En la misma posición adoptada en la flexión de tronco funcional en el suelo se puede efectuar el enrollamiento

mediante el empuje con los codos o la tracción con los brazos.

- No se debe traccionar demasiado fuerte con los brazos, pues si no se puede producir una reducción del trabajo muscular abdominal. Si falta la fuerza muscular abdominal, se posibilita o facilita un amplio movimiento de enrollamiento mediante la tracción de los brazos y de la espalda.
- Se puede apoyar la cabeza sobre el soporte para tal fin. Este aparato es muy aconsejable para personas con dificultades para sostener la cabeza.
- Por el rodamiento de los brazos de este aparato se guía el movimiento de enrollamiento y se facilita así el desplazamiento de los ejes de rotación necesario en el entrenamiento dinámico.



Figura D-74 a + b Flexiones de tronco funcionales con el ejercitador de abdominales
a) Posición inicial
b) Posición final

co del recto. Pero no es ajustable y esto representa un problema respecto a las diferentes tallas corporales; además impide realizar flexiones de tronco funcionales en la amplitud máxima.

Observaciones

Posiciones iniciales y finales

Con este ejercicio no se aconseja efectuar el estiramiento máximo del recto del abdomen debido a las grandes cargas que se crean para la columna vertebral. Sería deseable efectuar una contracción máxima de los tres primeros compartimentos (ver cap. D 4.2f).

Cojín lumbar/moldes para la pelvis/soportes con forma de cifosis

Los cojines lumbares, como ya hemos descrito, no son aconsejables para el entrenamiento abdominal. Pero existen unos soportes ligeramente curvados hacia arriba (curvatura cifótica) que actúan descargando la columna vertebral. Los moldes de pelvis están especialmente indicados en personas con hiperlordosis y con glúteos grandes (esto significa que sólo la

pelvis estará situada más abajo; la columna continuará estando completamente apoyada sobre la superficie de apoyo). Es mejor si la superficie de apoyo es blanda.

Contraindicación: hernia discal

¡Evitar llegar a la flexión máxima de la columna vertebral! Es posible flexionar los segmentos vertebrales no afectados; se debe limitar considerablemente el movimiento de la zona lesionada (ver cap. D 4.2h).

b) Ejercicio salam

El ejercicio salam (de *Salam* o *Salamaleikum*: saludo árabe con flexión) ofrece un perfil de carga completamente diferente al de las flexiones de tronco funcionales que acabamos de describir. Sus ventajas son, por un lado, el amplio estiramiento del recto del abdomen que permite sin provocar grandes cargas para la columna vertebral (ver cap. D 4.2f) y, por otro lado, el hecho de poder ajustar la resistencia de entrenamiento independientemente del peso del cuerpo. De esta forma es posible empezar con el entrena-



Figuras D-75a + b Distintas posiciones en el ejercicio salam

a) Pelvis casi apoyada

b) Variante para practicantes avanzados

miento abdominal con resistencias muy pequeñas. También es muy exigente para la coordinación. Realice este ejercicio en el aparato de tracción de poleas colocando como mínimo una polea suelta para reducir la inercia (ver principio EF 7).



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Recto del abdomen (los tres compartimentos superiores)

Sinergistas

- Oblicuo externo del abdomen
- Oblicuo interno del abdomen

Estabilizadores

- Transverso del abdomen
- Compartimento inferior del recto
- Cadena muscular del brazo y de tracción de la espalda.

Realización del ejercicio

Posición

- El practicante agarra la cuerda con ambas manos y se arrodilla delante del aparato de tracción de poleas con las rodillas flexionadas y levanta el peso insertado.
- En la posición arrodillada la pelvis se desplaza hacia atrás y se inclina al máximo, es decir, se adopta una posición de máxima lordosis para garantizar el estiramiento completo del recto del abdomen (fig. D-75a).
- Los practicantes avanzados también pueden entrenar con ángulos de la rodilla menores, con los que se hace

más difícil mantener la estabilidad de la pelvis (fig. D-75b).

- Deber colocarse en el suelo lo más cerca posible del aparato, y la polea ha de estar situada siempre delante del practicante (si se encontrara detrás suyo, con el estiramiento máximo del recto se produciría un momento de rotación nada despreciable).

Realización

- Extienda completamente el tronco en la dirección de la cuerda al inicio del ejercicio y empiece el movimiento de enrollamiento desde aquí.
- Durante el ejercicio es imprescindible evitar los movimientos de los brazos y de la cintura escapular. Esto significa que, una vez agarrada la cuerda, debe fijar las articulaciones del codo, de la muñeca y del hombro y sostener las manos rígidas delante de la cabeza, a los lados o por encima de la cabeza. Si se inmovilizan las regiones de la cintura escapular, de los brazos, de la pelvis y de las piernas, el movimiento solamente puede ser llevado a cabo por la musculatura abdominal.
- Estire de la cuerda hacia abajo en dirección al suelo con el tronco al tiempo que enrolla la columna sistemáticamente durante la tracción. Lleve las costillas hacia abajo como hacía con la flexión de tronco funcional y recójase.
- Durante el movimiento de regreso desenrolle la columna de nuevo sistemáticamente hasta llegar a la extensión o hasta la hiperlordosis.



a) Posición inicial



b) Segunda posición



Figuras D-76a-d Realización del ejercicio salam
c) Tercera posición



d) Posición final

- Durante el movimiento la cabeza forma una línea en prolongación de la CT.

Elección de la resistencia

Para elegir el peso deseado para el ejercicio se debe tener en cuenta también el peso del cuerpo.

Ejemplo

Si por ejemplo queremos trabajar con un peso de 10 kg, más la compensación del peso de la parte superior del tronco de por ej. 30 kg, ¡tenemos un peso para insertar de 40 kg!

Explicación:

Si no hubiera polea alguna, la parte superior del tronco caería hacia adelante durante la realización del movimiento atraída por la fuerza de la gravedad, y la flexión se realizaría de forma automática. ¡Para volver a enderezar el tronco se debería activar incluso la musculatura extensora del tronco! Si la fuerza de tracción hacia arriba es suficiente el cuerpo mantiene el equilibrio cuando se flexiona hacia adelante. El peso que debemos insertar depende evidentemente del peso individual del cuerpo. Solamente si insertamos más peso, estaremos aumentando la resistencia en el ejercicio para la musculatura abdominal.

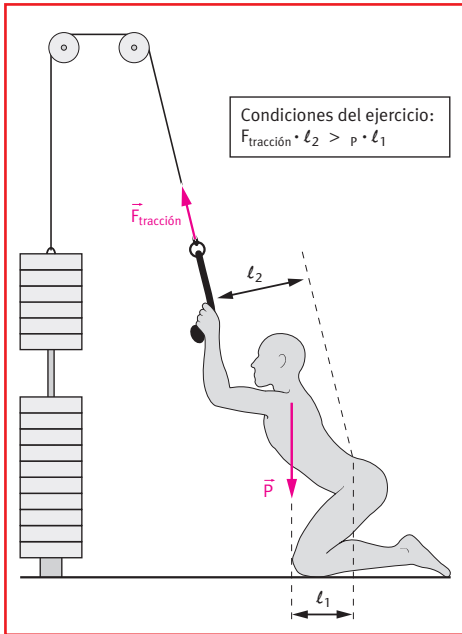


Figura D-77 Resistencia de entrenamiento actuante en el ejercicio salam
El momento de rotación del peso insertado debe ser mayor que el momento de rotación de la parte superior del tronco

Así pues, cabe deducir que el ejercicio salam permite dosificar las resistencias del ejercicio de forma muy precisa y en teoría se puede empezar desde cero independientemente del peso del cuerpo. Si quiere trabajar con un peso de ejercicio muy bajo debe realizar directamente un test de balanza en las poleas para fijar el peso de compensación correspondiente y añadirle otra placa de peso.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe comprobar, por un lado, si durante la realización del ejercicio el practicante mueve la

pelvis (presa de los cuatro puntos) o los brazos. En el primer caso debe fijar la pelvis aplicando una presión en dirección contraria al movimiento mediante la presa de los cuatro puntos al inicio del movimiento de desviación. Para impedir el movimiento de los brazos, debe sujetar los codos o las articulaciones del hombro durante el movimiento. Por otro lado, ha de controlar que el practicante enrolle realmente la columna (¡evitar el movimiento con la espalda recta!). Puede guiar el movimiento de enrollamiento efectuando presión sobre los arcos costales anteroinferiores y constantemente a través de la presa de palanca de las costillas en cada repetición (fig. D-65b). Compruebe también que se haya elegido el peso correctamente (ver antes).

- Como **practicante** procure que su pelvis permanezca inmóvil, por ej. sobre los pies. Observe si baja la cuerda con los brazos o con la espalda y, si es así intente evitarlo. Al descender debe intentar redondear la columna como si fuera un balón. Para autocontrolarse puede mirarse en un espejo. Compruebe que ha elegido correctamente la resistencia efectuando un test de balanza (ver antes).

Observaciones

Hiperlordosis en la fase inicial: consideraciones mecánicas

Por la estructuración del ejercicio (la dirección de la tracción y la nivelación del peso de la parte superior de tronco),

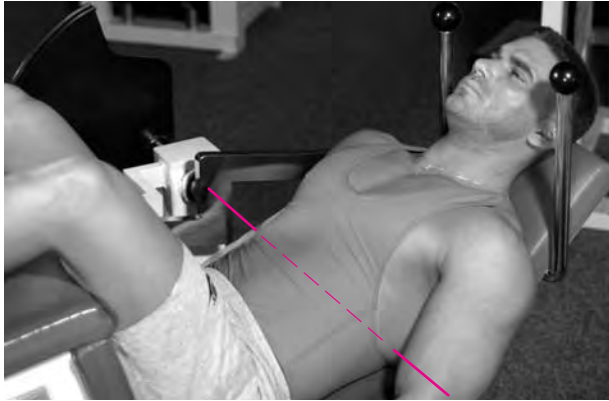


Fig. D-78 Ajuste de los ejes de rotación en la máquina de abdominales (aquí a la altura del segundo compartimento)

en la posición inicial de máximo estiramiento no hay ningún momento de rotación que pueda lordotizar más la columna vertebral. A diferencia de la posición de lordosis máxima antes descartada en los movimientos de flexión de tronco, en este caso la fuerza actúa axialmente a lo largo de la columna vertebral extendiéndola hacia arriba, y por lo tanto tiene una función de descarga. No existe componente radial alguno que actúe sobre la columna. En contraposición a lo que ocurre con las flexiones de tronco sobre un cojín lumbar, en el ejercicio salam no se crea una posición forzada ni siquiera en posición de hiperlordosis (ver caps. C 4 y D 4.2f).

c) Máquina de abdominales

Esta máquina se desarrolló siguiendo el modelo de las flexiones de tronco. En ella no es posible efectuar el movimiento de enrollamiento y enderezamiento como en el ejercicio en el suelo debido a la determinación de los ejes de la máquina, pero sí se puede entrenar aisladamente cada uno de los compartimentos superiores del recto del abdomen. Si disponemos

de una buena máquina, también se puede acompañar el movimiento de desplazamiento deseado. En este caso también se debe evitar el uso de cojines lumbares; además, las posiciones de los ejes de rotación pueden ser críticas y deben ser adaptadas individualmente (muy importante a tener en cuenta al comprar una máquina).



Grado de dificultad: muy fácil (1)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Recto del abdomen (según el ajuste, del eje el primero o el segundo compartimentos)

Sinergistas

- Oblicuo externo del abdomen
- Oblicuo interno del abdomen

Estabilizadores

- Transverso del abdomen
- Compartimento inferior del recto
- Cadena muscular del brazo y de tracción de la espalda
- Isquiotibiales/glúteos



Figuras D-79a + b Realización del ejercicio en la máquina de abdominales (Foto: Gottlob)
a) Posición inicial
b) Posición final

Realización del ejercicio

Posición

- Lo primero que debemos hacer es ajustar el carro según el tamaño corporal y la zona corporal que queremos entrenar (ver cap. D 4.2e). El eje de rotación de la máquina se debe situar a la altura del primero o del segundo compartimento del recto del abdomen, según lo ajustemos.
- Una vez tendido, empuje el trasero lo más cerca posible de los pies para evitar que se produzcan movimientos de la pelvis durante la realización del ejercicio. La parte superior de las piernas está libre. Si durante la reali-

zación del ejercicio se levantaran, puede fijarlas anclando los talones para fijarlos y se producirá simultáneamente la desactivación de los flexores de la cadera (inhibición antagonista).

- Agarre la palanca del brazo y mantenga la cabeza apoyada en el soporte correspondiente durante todo el movimiento.

Realización

- Empuje con las costillas hacia el suelo y encójase sin impulso como lo hacía en el ejercicio de flexiones de tronco funcionales.

- El movimiento en este caso es más corto, puesto que tiene lugar alrededor del eje de la máquina predeterminado. En este ejercicio se acortan como máximo uno o dos compartimentos del recto.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe comprobar que el practicante haya ajustado correctamente el carro. Para ver si este ajuste es correcto, ha de colocar la mano sobre el soporte y sobre la cintura escapular del practicante y “acompañarlo” durante el movimiento. Si su mano se desplaza en el soporte o en la cintura escapular, ello es signo de que hay movimientos de compensación que pueden estar provocados por un ajuste incorrecto de los ejes de rotación (cambiar la posición del carro) o por la realización incorrecta del ejercicio. En el último caso el practicante no se desplaza correctamente hacia abajo, sino que intenta enderezarse. Puede corregir al practicante aplicando una ligera presión en sus arcos costales anteroinferiores.
- Como **practicante** debe comprobar si el soporte se mueve respecto a la cintura escapular. Si es así, debe controlar de nuevo que el ajuste de los ejes de rotación se haya efectuado correctamente y revisar la realización del movimiento de enrollamiento.

d) Flexor abdominal anterior

Este ejercicio uniarticular realizado en máquina es adecuado también para

entrenar intencionadamente cada uno de los compartimentos del recto separadamente. Respecto a las características de la máquina, en este caso es absolutamente imprescindible que disponga de un asiento ajustable en altura para poder adaptar los ejes de rotación de cuerpo. Con esta máquina se puede entrenar por ej. el tercer compartimento, situado directamente por encima del ombligo, que suele ser el más débil. La resistencia de entrenamiento también se puede ajustar, independencia del peso corporal, como en el ejercicio salam, lo que lo hace especialmente atractivo para la aplicación en el ámbito de la rehabilitación y en principiantes débiles con un gran peso corporal. La máquina también debe disponer de un apoyo para la pelvis y de un limitador del movimiento.



Grado de dificultad: muy fácil (1)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Recto del abdomen (entrenaremos intencionadamente el primero, el segundo o el tercer compartimentos según ajustemos el eje de rotación)

Sinergistas

- Oblicuo externo del abdomen
- Oblicuo interno del abdomen

Estabilizadores

- Transverso del abdomen
- Todos los compartimentos del recto no entrenados dinámicamente
- A veces los extensores de la cadera (según la fijación).

Realización del ejercicio

Posición

- Primero debe ajustar el eje de rotación de la máquina y la altura del asiento. Decida qué compartimento quiere trabajar.
- Selección del eje de rotación:
 - La posición más baja del eje o posición más alta del asiento se sitúa a la altura de las crestas ilíacas (más o menos a la altura del ombligo, ver fig. D-81a). Esta posición permite entrenar el tercer compartimento del recto del abdomen.
 - Para el entrenamiento del segundo compartimento debe bajar un poco

más el asiento de forma que los arcos costales laterales inferiores queden situados a la altura del eje de rotación de la máquina.

- El primer compartimento se ejercita en una posición todavía más baja, a la altura de la apófisis xifoides. Evidentemente en este ejercicio la amplitud del movimiento es muy pequeña (fig. D-80a).
- Si no puede bajar el asiento suficientemente, de forma que el eje de la máquina sólo pueda situar a la altura del las arts. de la cadera, esta máquina no es adecuada para el entrenamiento de los abdominal.



Figuras D-80a+b Realización del ejercicio en el flexor abdominal anterior para el primer compartimento del recto del abdomen

a) Posición inicial

b) Posición final

- En estos casos únicamente es posible realizar el entrenamiento segmentario del psoas.
- En la posición sentada ajuste el acolchado del pecho para que quede colocado aproximadamente en el medio del pecho y la presión producida por el movimiento no sea desagradable.
 - Los pies han de estar apoyados sobre una placa inclinada y las rodillas, ligeramente flexionadas. Debemos evitar las fijaciones para los pies.
 - Utilice el empuje de las piernas para situarse en el asiento de forma que la pelvis quede fijada contra el soporte del asiento.

- Agarre el soporte del pecho como si cogiera un bebé con las dos manos (en otro tipo de soportes deberá adaptar el contacto).

Realización

- No debe iniciar el ejercicio partiendo de una posición de hiperlordosis, sino partiendo siempre de una posición de la espalda recta o con la columna ligeramente curvada hacia delante. En consecuencia, los soportes de la pelvis no han de tener forma de apoyo lumbar. La dirección de la fuerza es similar a la del la flexión de tronco funcional, lo que comporta que pueda



Figura D-81 Realización del ejercicio en el flexor abdominal anterior para el tercer compartimento
a) Posición inicial
b) Posición final

aparecer una carga importante para la CL si se adopta una postura lordótica (ver cap. D 4.2f).

- Empuje el soporte del pecho con la caja torácica hacia abajo y hacia delante. No permita que se deslice el acolchado.
- Las amplitudes del movimiento en este ejercicio son relativamente cortas, pues sólo se entrena dinámicamente un ejercicio.

Elección de la resistencia

Puesto que en este ejercicio la parte superior del tronco inicia un movimiento de flexión anterior desde una postura vertical, deberemos tener en cuenta el peso de la parte superior del tronco en el momento de elegir el peso del ejercicio, como en el ejercicio salam. Obtenemos el peso para el ejercicio calculando la carga de entrenamiento que queremos más el peso del cuerpo que hemos de compensar. En función del tipo de máquina y del peso de la parte superior del tronco se deducirá el peso, equilibrando. El peso de compensación es el que le permite permanecer en la posición media del ejercicio sin producir tensión muscular y sin moverse hacia delante ni hacia atrás. Este peso más la próxima carga de peso representan la carga mínima.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe comprobar que el practicante no se coloque en posición de hiperlordosis y que su pelvis no se deslice o se mueva. Si es el caso, deberá limitar el movimiento

frenando, o mejor todavía si dispone de un limitador del movimiento para ajustarlo. Podrá impedir el movimiento de la pelvis efectuando una contrapresión con ayuda de la presa de los cuatro puntos (posterior). Controle también que el ajuste de los ejes de rotación sea correcto y acompañe el movimiento de enrollamiento local del compartimento respectivo presionándolo suavemente (ver cap. D 4.3).

- Como **practicante** debe procurar que la flexión se produzca alrededor del respectivo eje de rotación corporal (prolongación del eje de rotación del cuerpo a través de su cuerpo). No se siente demasiado alto y no adopte una posición de hiperlordosis.

Observaciones

- Compruebe que la altura del asiento y la colocación de los soportes de la máquina sean correctos.
- Ajuste el limitador de movimiento individualmente para la posición inicial.
- Delimite el movimiento para la posición final sólo cuando esté indicado médicamente, como lo hacíamos en la hernia discal.
- Cualquier persona puede realizar este ejercicio ajustando las resistencias de forma muy precisa.
- Debe procurar que la selección de la resistencia sea correcta.
- Es posible ejercitar aisladamente cada uno de los compartimentos; para hacerlo varíe la altura del asiento (no efectúe movimientos de enrollamiento).

e) Elevación de la pelvis en posición tendida y en suspensión

Este ejercicio es ideal para mejorar la movilidad de la pelvis. Representa el ejercicio de entrenamiento dinámico más importante de los dos compartimentos inferiores del recto del abdomen. Puesto que gran parte de las fibras musculares de la musculatura lateral están fijadas en la cresta iliaca o en el ligamento inguinal, la elevación de la pelvis implica al mismo tiempo una actividad extraordinaria de los músculos abdominales laterales.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Recto del abdomen (el tercero y/o el cuarto compartimentos del recto)
- Oblicuo externo del abdomen
- Oblicuo interno del abdomen

Estabilizadores

- Recto del abdomen (compartimentos superiores)
- Transverso del abdomen
- Cadena muscular del brazo y de tracción de la espalda

Realización del ejercicio

Posición

- Para realizar este ejercicio necesitamos un objeto para sujetarnos, que puede ser por ej. los puntales de una máquina de entrenamiento o las patas de un mueble suficientemente pesado (también pueden servir los pies de un compañero). Colóquese tendido de espaldas sobre el suelo lo más cerca posible del puntal escogido y agárrelo con ambas manos. Evite llevar a cabo este ejercicio con la modalidad clásica de las manos apoyadas en el suelo.
- Puede levantar las piernas bien extendidas hacia arriba (los pies miran



Figuras D-82a + b Elevación de la pelvis en el suelo
a) Posición inicial



b) Posición final

hacia el techo, ángulo de la cadera de 100° aprox.) o con las rodillas flexionadas (ángulo de la cadera de 120° aprox.).

Realización

- Presione primero con la CL contra el suelo y empuje las rodillas (cuando las piernas están flexionadas) o los pies (con las piernas extendidas) en dirección al techo.
- El empuje de elevación se debe mantener hasta que la pelvis y la columna lumbar (hasta L3) se separen de suelo, pero no más. Si el movimiento de elevación continúa (interesante para saltadores de pértiga y para gimnastas), no se producirá ya acortamiento de los músculos abdominales sino que el movimiento lo realizarán esencialmente las cadenas de tracción de la espalda.
- Durante la realización del ejercicio la cabeza debe permanecer apoyada en el suelo, pero también se puede levantar ligeramente (actividad de los flexores del cuello).

Elección de la resistencia

Disminución de la resistencia

- Si la carga de la parte inferior del cuerpo es demasiado alta, la podemos reducir colocando un soporte para las piernas. Puede colocar los pies sobre un banco para la posición de salida. Tan sólo mediante este apoyo se reduce ya la carga (anulamos el peso de las piernas). El practicante puede reducir todavía más la carga activando

los músculos glúteos. Evidentemente también hay que procurar que este ejercicio no se convierta en un ejercicio de glúteos, es decir, los glúteos solamente deben suplir la cantidad de fuerza que los abdominales no son capaces de realizar.

- Otra alternativa sería colocar unos manguitos sujetos al aparato de tracción de poleas en el hueco poplíteo. De esta forma se podrá reducir la fuerza de resistencia regulando la inserción de pesos de forma progresiva.

Aumento de la resistencia

Podemos aumentar la resistencia sujetando una mancuerna entre las piernas o entre los muslos (debemos controlar la fijación de la mancuerna). Para practicar este tipo de ejercicios el practicante debe disponer ya de unos abdominales bastante fuertes.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** examine si el practicante levanta realmente la pelvis o si sólo lleva las rodillas hacia las costillas (movimiento de columpio). Puede ayudar a la realización del movimiento efectivamente colocando su antebrazo en los huecos poplíteos del practicante y sujetando sus pies con la otra mano. Levante las piernas del practicante en la fase concéntrica ayudándolo con las presas (procure mantener una postura correcta). De este modo se consigue una reducción de la carga y el aprendizaje del movimiento correcto (ver fig. D-84).



Figura D-83 Disminución de la resistencia durante el levantamiento de la pelvis mediante el apoyo de las piernas

- Como **practicante** procure que las rodillas no se acerquen al pecho, sino que se dirijan hacia el techo. Puede traccionar con las manos, pero los brazos no se deben mover; la caja torácica ha de permanecer en contacto con el suelo.

variante sólo con personas que sean capaces de superar la elevación de la pelvis en el suelo sin disminución de la resistencia.



Grado de dificultad: difícil (4)

Variantes: Elevación de la pelvis con variación del ángulo de inclinación

En comparación con el ejercicio que acabamos de describir, aquí se modifica el ángulo de inclinación de la superficie de apoyo respecto a la horizontal. El cambio indirecto de la dirección de la fuerza de la gravedad respecto al tronco que provocan estas modificaciones tiene un efecto de modificación de la dirección de la tracción de los músculos implicados. Por otro lado, se modifica también la curva de resistencia durante el movimiento de elevación. Cuanto más inclinada esté la superficie de apoyo, menor será la carga inicial y mayor será la carga al final del movimiento.

En este ejercicio es difícil establecer mecanismos de reducción de la resistencia, por lo que aconsejamos utilizar esta

Modificación de la activación de los agonistas:

Recto del abdomen (ahora son los dos a tres compartimentos inferiores)

Elevación de la pelvis sobre un banco inclinado

- Se puede practicar con cualquier ángulo de inclinación de 0° a 90°. La franja de trabajo ideal es de 20 a 50°.
- Respecto a la posición y a la realización del ejercicio, son válidas las descripciones dadas para el ejercicio de elevación de la pelvis horizontalmente, más los dos puntos siguientes.
- En primer lugar, debido a la posición inclinada de la superficie, la flexión de las caderas debe ser ahora mayor (100–120° + ángulo de inclinación del banco), de forma que los muslos señalen casi verticalmente hacia arriba.



Figura D-84 Ayuda del entrenador durante la elevación

- En segundo lugar, en esta versión de elevación de la pelvis se puede llevar las rodillas al pecho, pues, dada la posición más baja de la pelvis, se produce trabajo físico. Gracias a esta posición se crea una dirección de tracción ideal contra resistencia para los compartimentos inferiores del recto del abdomen; aquí se puede acortar un compartimento más que en el ejercicio anterior.

Elevación de la pelvis en el aparato de fondos

- En este aparato debe procurar que el soporte de la espalda esté colocado correctamente. Es importante que este respaldo no forme un ángulo para aumentar la lordosis de la CL (provocaría puntos de carga máxima en la CL) y debe ser acolchado y lo suficientemente largo para que la pelvis y la CL queden completamente apoyadas en la posición inicial.
- Debe subir a la superficie de apoyo para los pies, colocar los antebrazos

sobre los soportes para los brazos y agarrar los manerales. Reclínesse sobre el respaldo, empuje cada vez más fuerte con los antebrazos sobre el soporte hasta que los pies se separen y levante a continuación las piernas hasta que la cadera esté colocada a unos 100° (= posición inicial).

- Levante ahora la pelvis tan alto como pueda (sin impulso). Vuelva la pelvis de nuevo lentamente a la posición inicial en cada repetición. ¡Esta variante es bastante difícil!

Ejercicio desfavorable: elevación de la pelvis en la máquina de erectores lumbares (reck)

Esta variante no es nada aconsejable, pues la elevación de la pelvis es muy difícil de conseguir por los problemas de equilibrio, prácticamente solo es posible con impulso. En casi todos los casos solamente se levantan las piernas como si se tratara de un ejercicio de flexión de la cadera. Cuando tenemos un ángulo de tracción vertical, la mejor

se ve muy descargada y, en segundo lugar, la activación del dorsal ancho tensa mejor en diagonal la fascia toracolumbar, lo que también provoca una descarga de la CV. En tercer lugar, el ejercicio es más fácil.

- Para conseguir el acortamiento total del compartimento inferior del recto del abdomen el mejor ejercicio es el de elevación de la pelvis sobre banco inclinado. En este ejercicio la fuerza de la gravedad actúa exactamente en la dirección de la tracción de las fibras; si continuamos con la elevación de la pelvis se acortan al máximo los dos compartimentos inferiores.
- Elija también ejercicios de elevación de la pelvis cuando el practicante pueda superar amplitudes pequeñas. Utilice las técnicas mencionadas para disminuir la resistencia.
- Si el practicante tiene antecedentes de hernia discal evite la elevación máxima para más seguridad (levantar sólo la pelvis). No obstante, la carga durante la elevación máxima es pequeña y nada crítica.

f) Máquina de elevación de la pelvis

Es relativamente infrecuente encontrar máquinas de elevación de la pelvis en las salas de fitness. Muchas veces encontramos las denominadas “máquinas abdominales” con rollos para levantar las piernas que evidentemente sólo fortalecen dinámicamente los flexores de la cadera (es decir, que únicamente se pueden utilizar como máquina de los flexores de cadera!). La ventaja de la máquina de ele-

vación de la pelvis consiste en la reducción de la carga de la parte inferior del cuerpo, mayoritariamente demasiado alta.



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Recto del abdomen (los dos compartimentos inferiores)
- Oblicuo externo del abdomen
- Oblicuo interno del abdomen

Estabilizadores

- Recto del abdomen (compartimentos superiores)
- Transverso del abdomen
- Cadena muscular del brazo y de tracción de la espalda

Realización del ejercicio

Posición

El practicante está fijado a la superficie de sedestación mediante un cinturón de seguridad y los pies están apoyados sobre el soporte o cuelgan libremente. Se agarran las palancas superiores y con la presión ejercida con la espalda se suelta el contrapeso de descarga (fijación del cuerpo mediante el respaldo y las palancas).

Realización

- Levante el asiento para la pelvis tan arriba como pueda.
- Vuelva lentamente el asiento a su posición inicial.
- Mediante el contrapeso se reduce notablemente el peso de la parte infe-



Figuras D-87 a + b Realización del ejercicio en la máquina de elevación de la pelvis
a) Posición inicial
b) Posición final

rior del cuerpo. Si aumenta la resistencia mediante la inserción de un peso, este efecto de reducción se produce a medida que se levanta progresivamente el propio peso del cuerpo. A partir de este nivel empieza a ser efectivo como carga de peso adicional el aumento de los pesos insertados.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe comprobar que el practicante ejecute el movimiento a una velocidad regular. Puede ayudar a la realización de las primeras repeticiones levantando externamente el asiento.

- Como **practicante** debe procurar no columpiarse y volver con el asiento lentamente para iniciar de nuevo la elevación con fuerza y sin impulso.

g) Máquina de abdominales

Existen diferentes construcciones para este tipo de máquinas en el mercado. Hay aparatos con uno o dos ejes de rotación mecánicos, siendo los de dos ejes claramente preferibles a causa de la pequeña carga de los momentos de rotación que representan para la CL. De lo contrario, la posición de los ejes de rotación es crítica y tiene que ser examinada más detalladamente.

Las máquinas de este tipo existentes hasta ahora en el mercado no son adecuadas para desarrollar el recto del abdomen en su conjunto (todos los compartimentos), pues la desviación de fuerzas inferior se hace a través de las piernas y no a través de la pelvis (implicación masiva de los flexores de la cadera).

Estas máquinas son interesantes para entrenar y guiar las cadenas flexoras (activación estática del dorsal ancho y activación dinámica de los músculos abdominales y de los flexores de la cadera).

Esta cadena es muy necesaria por ej. en las posturas de defensa en los deportes de lucha.



Grado de dificultad: fácil (2)

A pesar de ser fácil, este ejercicio queda reservado a los deportistas ya bregados.

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Recto del abdomen (los dos o tres compartimentos superiores)
- Flexores de cadera (recto femoral y psoasílico)

Sinergistas

- Oblicuo externo del abdomen
- Oblicuo interno del abdomen

Estabilizadores

- Recto del abdomen (compartimentos inferiores)
- Transverso del abdomen
- Cadena muscular de los brazos y de tracción de la espalda

Realización del ejercicio

Posición

- Coloque el rollo de las piernas a la altura de la articulación del tobillo
- En sedestación coloque los pies detrás del rollo y agarre las palancas superiores.

Realización

- Intente juntar el rollo de las piernas y las palancas de los brazos traccionándolos al tiempo que efectúa un movimiento de enrollamiento de su espalda (función de desplazamiento, cifotizar la CL).
- Evite coger impulso, regrese lentamente a la posición inicial, no deje el peso durante la realización de una serie.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** compruebe que el practicante no adopte una postura de hiperlordosis y, si lo hace, efectúe una ligera presión sobre los arcos costales inferiores para favorecer la flexión de la CL y la CT inferior.
- Como practicante intente redondear la columna vertebral en el movimiento de repliegue. Evite siempre la posición de hiperlordosis al regresar.

Observaciones

- Este ejercicio no debería ser aplicado hasta una fase avanzada para los practicantes de fitness, una vez que se haya fortalecido los músculos abdominales mediante otros ejercicios (como muy temprano tres meses después del

inicio del entrenamiento de los abdominales).

- Durante la utilización de la máquina procure que el practicante no parta de una posición estirada y que no se utilice apoyos lumbares. En ambos casos aumentaría considerablemente, como ya hemos explicado, la carga de la CL.



Figura D-88 Realización del ejercicio en la máquina de abdominales (Foto: Gym 80)

4.5 Entrenamiento de los músculos abdominales laterales a través de diversas cadenas cinéticas

Si se está preguntando por qué debemos disponer de un surtido de ejercicios especiales para el entrenamiento de los abdominales laterales, lea por favor las consideraciones ya expuestas en el capí-

tulo D 4.2 y D 2.2. En los ejercicios de entrenamiento de la musculatura abdominal recta se produce ya actividad dinámica de los haces fibrosos de la musculatura lateral, pero, para alcanzar el amplio desarrollo de sus direcciones de tracción, necesitamos explícitamente diferentes geometrías de los ejercicios.

Según la dirección de la tracción se produce el acortamiento más o menos completo de las fibras musculares que se encuentran en la dirección de la tracción y producirán más o menos trabajo. En los movimientos de rotación las fibras musculares se tensan en diagonal a través de la vaina del recto; en los movimientos de flexión lateral se produce una activación ipsilateral, y en las otras formas de movimiento los haces de fibras más efectivos se acoplan funcionalmente unos con otros. Puesto que las direcciones de tracción son tan variadas, sólo conseguir un aumento de la potencia mediante la práctica de un entrenamiento muscular abdominal muy variado. Únicamente alcanzaremos amplitudes completas para todos los haces de fibras principales practicando ejercicios con diferentes direcciones de movimiento, consiguiendo guiar la formación de las correspondientes cadenas. Además, en estas posiciones las estructuras pasivas reciben los estímulos de crecimiento adecuados (ver caps. A 5 y C 3).

Si los haces musculares están fuertes y funcionales y la coordinación muscular es buena, por ej. al hacer gimnasia, al jugar al tenis, durante la escalada, al llevar un objeto o durante una caída, el tron-

co se puede mover de forma rápida y segura en cualquier posición y las fuerzas actuantes pueden ser desviadas con poca carga.

Los ejercicios siguientes ofrecen amplitudes del movimiento completas de los diferentes haces de fibras, estimulan la formación de diferentes cadenas cinéticas y aumentan la movilidad del tronco. En su programa de entrenamiento deberán constar como mínimo dos de estos ejercicios o sus variantes para conseguir una musculatura abdominal fuerte.

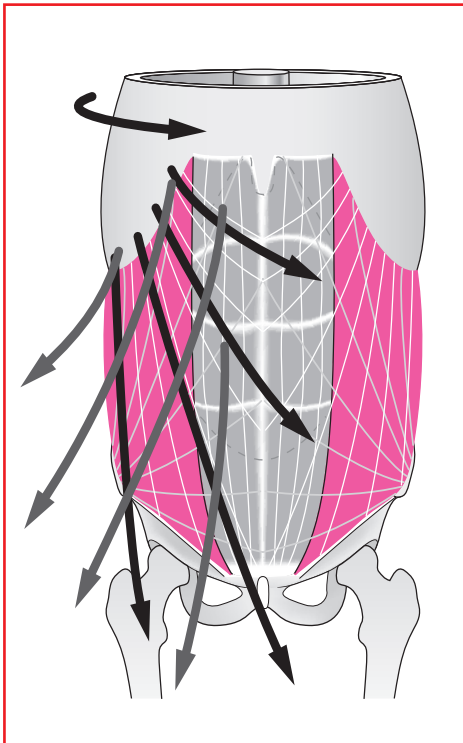


Figura D-89 Direcciones de los ejercicios para la activación de las diferentes fibras de los músculos abdominales laterales (lado derecho)

a) Flexiones de tronco funcionales con rotación o con inclinación lateral

Este ejercicio ofrece las dos variantes de activación de la musculatura lateral. Primero el practicante debe dominar las flexiones de tronco funcionales, pues aquí también se necesita el movimiento de enrollamiento y de recogimiento completo. Antes de realizar este ejercicio lea por favor otra vez la información acerca de las flexiones de tronco funcionales (cap. D 4.4a), pues para este ejercicio son válidas muchas de las indicaciones allí dadas.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Oblicuo externo del abdomen
- Oblicuo interno del abdomen

Sinergistas

- Recto del abdomen (los dos o tres compartimentos superiores)

Estabilizadores

- Recto del abdomen (los dos compartimentos inferiores)
- Transverso del abdomen
- Flexores de la CC
- Según la fijación de los pies: isquiotibiales o glúteo mayor

Realización del ejercicio

Posición

Colóquese en la misma posición adoptada para realizar los *crunches* funcionales.

Variante de realización: flexiones de tronco funcionales con rotación

- Levante la cabeza, empuje las costillas hacia abajo y desplace el hombro de un lado en dirección a las rodillas del lado contrario (contralateral).
- Al efectuar este movimiento la CL debe mantener el máximo de tiempo posible el contacto con el suelo.
- Al final del movimiento es necesario levantar la CL hasta L4 para conseguir el acortamiento total de los haces de fibras.
- Respecto a los **brazos** se le plantean dos alternativas:
 1. Lleve el codo del brazo flexionado hacia el muslo contrario (si es posible contacto muy breve pero como siempre sin impulso).
 2. Lleve el brazo casi completamente extendido más allá de los muslos al tiempo que realiza una rotación externa del hombro y supinación del brazo, como si quisiera saludar con la mano a alguien que estuviera de pie. Con este movimiento se favorece la inervación de la cadena muscular abdominal oblicua de forma refleja.



Figuras D-90a + b Posición funcional en las flexiones de tronco funcionales con rotación
a) Componente de rotación por el movimiento de los codos



b) Componente de rotación por la supinación y rotación externa del brazo



Figuras D-91a-c Flexiones de tronco funcionales con componente de inclinación lateral
a) Posición inicial



b) Posición final con un componente de inclinación lateral pequeño



c) Posición final con gran componente de inclinación lateral

Variante de realización: flexiones de tronco funcionales con inclinación lateral

- Levante el brazo, empuje las costillas hacia abajo y desplace el hombro de un lado externamente hacia el mismo lado y hacia abajo (ipsolateral)
- Al efectuar este movimiento la CL debe mantener el máximo de tiempo posible el contacto con el suelo.
- Al final del movimiento es necesario levantar la CL hasta L4 para conseguir el acortamiento total de los haces de fibras.
- La flexión puede tener lugar en diferentes ángulos de inclinación.
- **Posición de los brazos:**
Intente empujar una pared o un objeto imaginario como si quisiera hundirlo en el mismo lado con el brazo ipsolateral extendido.

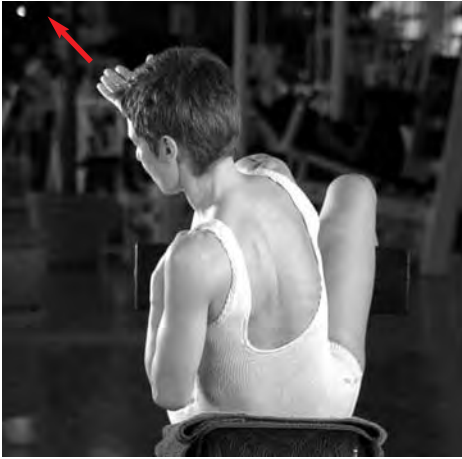


Figura D-92 Disminución de la resistencia mediante la utilización de un tube en las flexiones de tronco funcionales con rotación (aquí realizado en un banco de flexiones de tronco)



Figura D-93 Ayuda del entrenador durante la realización de una flexión de tronco funcional con rotación

Variantes de la posición de la cabeza

- Postura libre con activación de los flexores del cuello manteniendo la mirada dirigida a la mano del brazo que está en movimiento
- Apoyo para la barbilla con el fin de fijar la cabeza con la mirada en la misma dirección
- También se puede apoyar la cabeza sobre la mano libre.

Elección de la resistencia

Respecto al aumento o la disminución de la resistencia ver las flexiones de tronco funcionales, capítulo D 4.4a.

Si aumentamos o disminuimos la resistencia utilizando un tube (o una polea), éste debe ser sujetado por la mano que guía el movimiento: la sujeción (colocación de las poleas) debe estar dispuesta oblicuamente delante (si aumentamos la resistencia detrás) del practicante en dirección al movimiento de los brazos.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe comprobar que el practicante realice el movimiento de rotación o de inclinación lateral durante el movimiento de enrollamiento o el de enderezamiento. Sería incorrecto añadir este movimiento adicional aisladamente al principio o al final del movimiento de flexión. Si es éste el caso, tome contacto con el tronco del practicante y rótelo o inclínelo en sentido lateral regularmente durante la realización del movimiento de flexión de la CV.

Para el control del movimiento de enrollamiento, ver flexiones de tronco funcionales, capítulo D 4.4a.

- Como **practicante** debe procurar mover correctamente el brazo; piense sencillamente en el “saludo con la mano” (elemento de rotación) o en el “empuje de la pared” (elemento de inclinación lateral).

Observaciones respecto al método de entrenamiento

- Las flexiones de tronco funcionales con rotación o con inclinación lateral se pueden realizar correctamente sobre el banco de abdominales.
- Las dos variantes del ejercicio (rotación e inclinación lateral) también se pueden integrar dentro de una serie de entrenamiento.
- Si se produce el agotamiento sistemático de los respectivos grupos musculares entrenados, sería correcto realizar primero todas las repeticiones de un lado e inmediatamente después las del otro. Dentro de un circuito (duración de las series predeterminada) se aconseja realizar los ejercicios alternativamente (1 rep. derecha, 1 rep. izquierda, 1 rep. derecha etc.).
- Para lo demás son válidas las indicaciones respecto a las flexiones de tronco funcionales en el capítulo D 4.4a.

b) Enderezamiento lateral

Este ejercicio se realiza en el suelo, lo cual es muy lógico; además, de esta forma se puede evitar posturas y cargas incorrectas y también posiciones forza-

das, puesto que, en caso de que se produzca agotamiento, la parte superior del cuerpo no se puede hundir por debajo de la horizontal y la columna se mantiene así en posición neutra sin llegar a posiciones extremas.



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Oblicuo externo del abdomen (ipsolateral)
- Oblicuo interno del abdomen (ipsolateral)
- Recto del abdomen (los dos compartimentos superiores del cordón ipsolateral)
- Cuadrado lumbar

Sinergistas

- Tracto lateral del erector de la columna (ipsolateral)

Estabilizadores

- Transverso del abdomen
- Abductores de la cadera ipsolaterales
- Cintilla iliotibial ipsolateral (con fijación lateral de las piernas)

Realización del ejercicio

Posición

- Tiéndase de lado sobre el suelo con las rodillas flexionadas 45° aprox. en la cadera (ángulo de la rodilla 90° aprox.)
- Debe fijar los pies lateralmente, pues, si los mantiene libres, el enderezamiento será más difícil por motivos de equilibrio. Puede anclarlos en un pun-



Figuras D-94a + b Enderezamiento lateral puro
a) Posición inicial



b) Posición final

tal (por ej. de una máquina, en los pies de una cama, etc.) o pedir a un compañero que los sujete. Los puede colocar uno encima del otro o de lado. Si aplica una disminución de la resistencia, puede dejar las piernas libres y, en el caso explícito de un ejercicio de equilibrio, esto es incluso aconsejable.

- Si durante la realización del ejercicio siente una compresión desagradable en el muslo inferior (trocánter mayor), tiéndase sobre una colchoneta blanda.

Variante de realización: enderezamiento lateral

- Coloque los brazos al lado de la cabeza o crúcelos delante del pecho e intente enderezarse lateralmente tanto como pueda.
- Mantenga la posición de la cintura escapular de forma que la línea de unión de los hombros esté paralela a la dirección de la tracción y el tronco se levante sólo lateralmente. La posición de la cabeza se mantiene recta o

se mueve al inicio en la dirección del movimiento (fig. D-94).

- El movimiento debe ser realizado evidentemente con ambos lados del cuerpo.

Variante de realización: enderezamiento lateral en una posición rotada

- Posición y realización como antes, pero modificando la postura de la columna vertebral.
- Gire la cintura escapular de forma que la línea de unión entre los hombros quede situada casi perpendicular a la dirección del movimiento, es decir, que el movimiento de enderezamiento se efectúe con el pecho hacia delante. La cabeza se debe mantener en prolongación del eje del tronco (fig. D-95).

Elección de la resistencia

Disminución de la resistencia con tube o tracción de poleas

- Coloque la polea de tracción o sujete el tube a la altura de pecho. ¡No se



Figura D-97 Flexión lateral en el ejercitador para abdominales con rotación de la CV

Aumento de la resistencia con disco

- Si aumenta la resistencia, será necesario fijar lateralmente los pies.
- Coja un disco con una o con ambas manos y colóquelo sobre la parte superior del tronco o sobre el pecho.

Control del ejercicio

Como **entrenador** puede coger al practicante por debajo de la cintura escapular y ayudarlo suavemente a realizar el movimiento de enderezamiento lateral. Compruebe los posibles movimientos de la pelvis y actúe fijando si es necesario.

Como **practicante** debe procurar no realizar ningún movimiento con la pelvis. No deje la parte superior del cuerpo completamente relajada (mantenimiento constante de tensión) y enderécese tanto como pueda sin impulso.

Variantes de los ejercicios

Flexión lateral en el ejercitador para abdominales

- En el ejercitador para abdominales se puede realizar las dos variantes de enderezamiento lateral (con y sin rotación de la CV).

- Posición como en el enderezamiento lateral.
- Estando en posición de rotación de la CV agárrese con ambas manos a la barra y tire de ella hacia delante y hacia abajo (fig. D-97).
- Si quiere realizar un enderezamiento lateral puro agarre la barra superior con la mano del lado enderezado.
- La amplitud del movimiento está más limitada que el enderezamiento lateral efectuado en la posición en el suelo (para argumentación, ver flexiones de tronco en el ejercitador para abdominales).

Variante poco favorable: flexión lateral en la máquina de hiperextensiones

- Este ejercicio se efectúa mayoritariamente sobre aparatos de hiperextensión inclinada o sobre entrenadores laterales contruidos caseramente.
- Se posicionan lateralmente los pies y las piernas, y se inclina o endereza la parte superior del cuerpo hacia un lado.
- Esta variante es más bien poco favorable por dos razones: la primera es que la curva de resistencia en posición de

flexión lateral (arriba) ofrece una resistencia muy pequeña y la segunda es que durante el descenso existe un importante riesgo de provocar una posición forzada con mucha carga para la CV. Las variantes en el suelo son mucho más seguras.

Observaciones

También nos puede servir de superficie de apoyo un gran balón de gimnasia. Si lo utilizamos varía el ángulo de inicio, se produce una disminución de la resistencia.

c) Flexor abdominal anterior en posición lateral

Esta estructuración permite llevar a cabo un entrenamiento muy fácil de la musculatura abdominal lateral en el que incluso se puede graduar diferentes ángulos de inclinación. La máquina necesita un asiento ajustable en altura y un soporte del pecho ajustable, y debe tener también un limitador del movimiento para la posición inicial. Por favor, lea detenidamente las informaciones sobre el ejercicio flexor abdominal anterior antes de realizar este ejercicio, pues nos referiremos a ellas en parte (ver cap. D 4.4d).



Grado de dificultad: muy fácil (1)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Oblicuo externo del abdomen (ipsolateral)

- Oblicuo interno del abdomen (ipsolateral)
- Recto del abdomen (los dos compartimentos superiores del cordón ipsolateral)

Sinergistas

- Cuadrado lumbar (actúa como agonista a partir de la posición de 90°)
- Erector de la columna (cordón ipsolateral)

Estabilizadores

- Transverso del abdomen
- Cuádriceps

Realización del ejercicio

Posición

- Deje ajustar la altura del asiento de forma que la prolongación del eje de rotación de la máquina discorra a la altura media entre la cresta ilíaca y el arco costal inferior.
- Siéntese lateralmente sobre el asiento de forma que un pie quede colocado sobre el soporte para los pies y el otro lateralmente en el suelo. Si la máquina es muy baja (asiento), también se puede apoyar ambos pies en el suelo.
- Para ajustar la altura del soporte del pecho, debe procurar que el brazo pueda abarcarlo por fuera y la mano por debajo. El contacto se efectúa con la axila y la parte lateral del pecho.
- **Elección del ángulo de inclinación lateral:**
 - El ángulo de inclinación lateral en la realización del ejercicio viene determinado por el ángulo formado entre el eje de rotación de la máquina y el eje de la pelvis (línea de

unión entre las dos crestas ilíacas), o sea, que está determinado por la posición en sedestación.

- En el entrenamiento de la musculatura abdominal recta los dos ejes son paralelos, es decir, 0° . Para realizar un movimiento de inclinación lateral puro, siéntese girado 90° sobre el asiento; para realizar un movimiento de inclinación lateral de 30° , gírese 30° , etc.
- Para acentuar la coordinación de las diferentes fibras musculares se puede realizar movimientos en todos los ángulos, de $> 0^\circ$ a 90° .
- Empuje con la pelvis contra el soporte al inicio del movimiento con el fin de fijar la pelvis. Si la máquina no tuviera este acolchado tan importante, sólo le quedaría la posibilidad de estabilizar la pelvis mediante la tensión muscular de las piernas para evitar el

movimiento de la pelvis durante la inclinación lateral.

Realización

- Mantenga la cabeza y la columna vertebral rectas y flexiónese lateralmente hacia abajo. Durante la realización del ejercicio es importante que no se muevan el hombro ni el codo. El movimiento debe proceder solamente de la inclinación lateral del tronco.
- En este ejercicio tampoco se debe adoptar una posición hiperlordótica en la fase inicial.
- Procure realizar el ejercicio lenta y regularmente, controle especialmente la fase de movimiento excéntrica.
- Cuando cambie de lado se debe sentar en un ángulo exactamente igual; la ejecución debe ser simétrica en los dos lados.

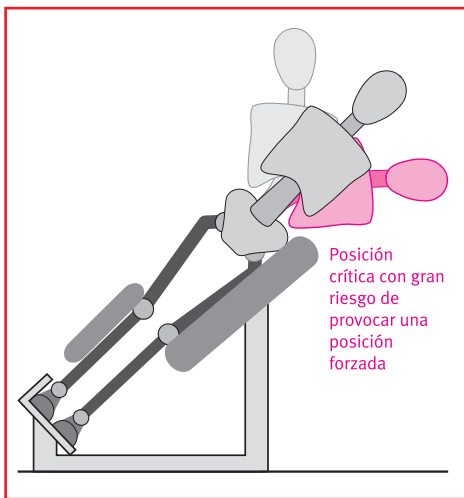


Figura D-98 Variante de entrenamiento limitada en el entrenador lateral

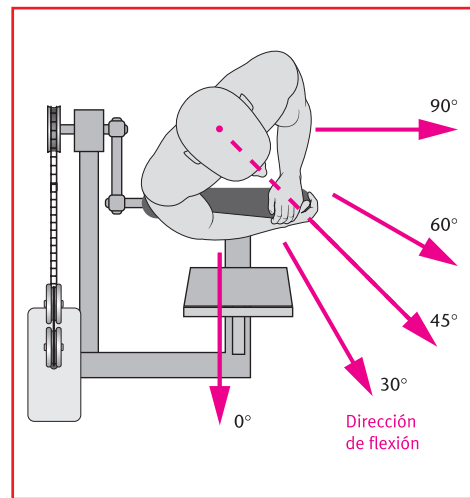


Figura D-99 Ángulo de inclinación lateral en la flexión abdominal anterior



Figura D-100a-d Realización del ejercicio de flexión abdominal anterior lateralmente

a) Con 30° de giro, posición inicial

b) Posición final



c) Con 90° de giro, posición inicial

d) Posición final

Elección de las resistencias

Son válidas las mismas indicaciones que para la flexión abdominal anterior (cap. D 4.4d).

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe controlar que el practicante no mueva la pelvis (puede hacerlo mediante la presa de los cuatro puntos). Puede ayudar al practicante a efectuar el movimiento ejerciendo una ligera presión sobre la cintura escapular en la dirección del movimiento con una mano y en la cresta ilíaca anterosuperior fijando con la otra mano.
- Como **practicante** debe procurar mantener la pelvis fijada y, si es necesario, activar los músculos contra este movimiento. A continuación empuje con todo el tronco el peso hacia abajo.

Variante del ejercicio

Lleve a cabo este ejercicio con diferentes ángulos de inclinación lateral. Se puede hacer a 30°, 60° y 90°. Puede realizar 2 ó 3 series por entrenamiento y elegir un ángulo diferente para cada serie o variar el ángulo en cada unidad de entrenamiento.

d) Cadenas cinéticas en el aparato de tracción de poleas

En el aparato de tracción de poleas es posible realizar casi infinitas variantes para el entrenamiento de los músculos abdominales laterales. Necesitamos un aparato de tracción de poleas (por ej. *Duplex*, *Multiplex* o *Cross Over*) como en el ejercicio salam, con una polea suelta

como mínimo (reducción de la inercia), suficientes pesos (compensación de la parte superior del cuerpo) y un elemento de tracción (asa) que provenga de arriba y está situado a la altura adecuada. Con este equipamiento es posible realizar todo tipo de movimientos de inclinación lateral en todas las direcciones y combinarlos con diferentes elementos de rotación.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Oblicuo externo del abdomen (ipsolateral)
- Oblicuo interno del abdomen (ipsolateral)
- Recto de abdomen (los dos compartimentos superiores del cordón ipsolateral)

Sinergistas

- Cuadrado lumbar (actúa como agonista en la posición de 90°)
- Erector de la columna (cordón ipsolateral)

Estabilizadores

- Transverso del abdomen
- Cadena muscular del brazo y de tracción de la espalda
- Músculos glúteos (estabilización de la pelvis)

Realización del ejercicio “movimientos de inclinación lateral”

Posición

- Con la posición inicial decide qué ángulo de inclinación lateral quiere

trabajar. Si sus pies señalan hacia la torre de los pesos, el ángulo de inclinación será 0° (correspondiente al ejercicio salam); si los pies están situados a 30° ó 90° respecto a la torre de pesos, el ángulo de inclinación también será 30° , 90° .

- Permanezca en pie directamente delante de la torre de pesos de forma que la cuerda discurra casi perpendicularmente de arriba hacia abajo. Los pies están separados y paralelos siguiendo la línea de las caderas. Los pies, las piernas y la pelvis forman una misma línea.
- Agarre el asa con la mano del lado de la inclinación y traccíonela hacia abajo de forma que el brazo quede horizontal. Si dispone de un aparato muy bajo y ocurre que en esta posición el peso todavía no se ha elevado, baje más el brazo hasta que el peso se haya elevado un mínimo de 5 cm. Si el aparato es mucho más bajo o la cuerda es demasiado larga podría ocurrir que el brazo tocara el cuerpo o que aun así no se hubiera podido levantar el peso. Si éste es el caso, en esta máquina sólo podrá realizar los ejercicios de rodillas (y tendrá que pensar en modificar la máquina o comprar una nueva). Debe variar la postura añadiendo más rotación de la pelvis, como en el ejercicio salam.

Realización

- Ni la pelvis ni las piernas se han de mover durante la realización del ejercicio.

- Durante el movimiento debe mirar el asa o la torre de pesos y realizar el movimiento de flexión en dirección a la torre.
- El conjunto cintura escapular/brazo/mano/asa debe formar una unidad rígida durante el movimiento, que sólo se debe efectuar mediante la inclinación de la cintura escapular. El tronco se flexiona y la cintura escapular se desplaza unos 50° hacia abajo en el plano de la inclinación lateral. Aquí es donde se producen la mayoría de los errores. Es muy útil mirarse en un espejo cuando se esté aprendiendo este movimiento.
- Llevar el movimiento lo más abajo posible.
- Se debe efectuar exactamente lo mismo con el otro lado.

Realización del ejercicio: inclinación lateral más rotación

- Al movimiento anterior debe añadir simplemente un movimiento de rotación hacia el lado contrario. Inclínese por ej. hacia la izquierda al tiempo que realiza un movimiento de rotación hacia la derecha (fig. D-103).
- Para el movimiento de rotación debe llevar el codo del brazo que agarra el asa hacia la línea media del cuerpo o incluso un poco más lejos. No olvide mantener el conjunto brazo/hombro rígido, es decir, la modificación de la posición del hombro se debe hacer mediante el aumento del movimiento de rotación del tronco.

- Debido a la inclusión ahora del movimiento de rotación también se activarán el oblicuo interno del abdomen (agonista) y el erector de la columna (sinergista) contralaterales.

Elección de la resistencia

Son válidas las mismas indicaciones que para el ejercicio salam (cap. D 4.4b).



Figura D-101a + b Realización del ejercicio de inclinación lateral en el aparato de tracción de poleas con un giro de 30°

a) Posición inicial

b) Posición final

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe controlar que el practicante no mueva la pelvis (presa de los cuatro puntos). Si es necesario corregiremos el movimiento efectuando ligeras presiones hasta que el practicante haya aprendido a auto-

estabilizarse. También puede acompañar el movimiento del tronco de la siguiente forma (fig. D-104): una mano sobre el hombro que se eleva y la otra sobre el brazo del lado activo o sobre el as del practicante. De esta forma podrá ayudar al practicante a



Figura D-102a + b Realización del ejercicio de inclinación lateral en el aparato de tracción de poleas con un giro de 90°

a) Posición inicial

b) Posición final

sentir la correcta realización del movimiento. Irá disminuyendo el contacto a medida que el practicante aprenda el ejercicio. Piense siempre que “se aprende mejor lo que se siente que las explicaciones verbales”.

- Como **practicante** debe comprobar que ni sus piernas ni su pelvis se muevan y, si lo hacen, debe compensar el movimiento muscularmente. Por otro lado, debe asegurarse de que no sean el brazo ni la espalda los que tiren del



Figura D - 103a + b Realización del ejercicio de inclinación lateral más rotación en el aparato de tracción de poleas

a) Posición inicial

b) Posición final



Figura D-104 Ayuda del entrenador para la inclinación lateral en el aparato de tracción de poleas

asa hacia abajo, sino que el movimiento se realice por la flexión lateral del tronco (controlar el movimiento en un espejo).

Observaciones

Alternativas de prensión

Como alternativa al asa se puede utilizar también una cuerda o un maniguito.

Comparación de ejercicios

En el entrenamiento, cotidianos, pero

también en la literatura especializada, se practican los dos ejercicios de entrenamiento para los músculos abdominales que se describen y, en consecuencia, hemos creído necesario compararlos. Se trata de un ejercicio de inclinación lateral en bipedestación con una mancuerna y de un ejercicio en el aparato de tracción de poleas como el anterior, pero con la tracción dispuesta desde abajo. En estos dos ejercicios existen dos factores poco favorables respecto a los ejercicios presentados aquí.

Por un lado, la columna vertebral se ve sometida a una carga asimétrica que no puede ser descargada por el peso superior como en el ejercicio anterior. Por otro lado, en ambos ejercicios se crean posiciones forzadas, pues, si se llega al agotamiento durante el entrenamiento, la columna quedará colocada en una posición extrema, contrariamente a lo que ocurriría en el ejercicio anterior, en el que la tracción hacia arriba conducía la columna a una posición neutra. Estos son los motivos por los que desaconsejamos la práctica de ambos ejercicios. La tracción de poleas superiores propuesta crea menos cargas y es más rica en variaciones para el entrenamiento (ver combinado con componentes de rotación). En este sentido vale la pena invertir el tiempo necesario para aprender a realizar el ejercicio correctamente.

e) Elevación oblicua de la pelvis

Este ejercicio se puede realizar en el suelo, en el banco inclinado o colgado de una barra. En la versión de elevación de la pelvis en el suelo y en el banco inclinado se añade un movimiento de rotación al movimiento de flexión, y en la versión colgado de una barra se puede realizar movimientos de elevación lateral de la pelvis y un movimiento de flexión con rotación. Antes de empezar con estos ejercicios se debe dominar perfectamente la elevación recta de la pelvis (cap. D 4.4e).



Grado de dificultad: difícil (4)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Oblicuo externo del abdomen (ipsolateral)



Figura D-105a + b Realización del ejercicio de elevación de la pelvis con rotación
a) Posición inicial
b) Posición final

- Oblicuo interno del abdomen (contralateral)
- Recto del abdomen (los dos compartimentos inferiores del cordón ipsolateral)

Sinergistas

- Erector de la columna (cordón ipsolateral)

Estabilizadores

- Recto del abdomen (compartimentos superiores)
- Transverso del abdomen
- Cadena muscular del brazo y de tracción de la columna
- Cintilla ilirotibial y abductores (en el ejercicio realizado colgado de una barra).

Realización del ejercicio: elevación de la pelvis en el suelo con rotación

Posición

Es válida la misma posición que en la elevación de la pelvis en posición tendida (cap. D 4.4e).

Realización

- En primer lugar debe empujar con la CL contra el suelo y a continuación empujar con las rodillas (con las piernas flexionadas) o con los pies (con las piernas extendidas) en dirección al techo. Mientras realiza este movimiento de flexión de la CL inferior, debe rotar simultáneamente la pelvis hacia la derecha o hacia la izquierda. Durante el movimiento de elevación debe dirigir una cadera hacia delante y la otra hacia atrás.
- Tiene que organizar el *timing* de forma que en el punto más alto del movimiento la pelvis haya alcanzado justo la posición de rotación máxima. No es correcto realizar primero la rotación y después la flexión ni tampoco primero la flexión y después la rotación, ¡es muy importante efectuar la rotación durante la elevación!
- El empuje hacia arriba se realiza hasta que se produzca la completa elevación de la pelvis y de la CL inferior hasta L3 aproximadamente.



Figura D-106 Ayuda del entrenador para realizar la elevación de la pelvis con rotación

- Durante el movimiento de descenso de la pelvis (lentamente) se realiza la desrotación progresiva.

Elección de la resistencia

Son válidas las mismas indicaciones que para el ejercicio de elevación de la pelvis (cap. D 4.4e).

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe controlar que el practicante lleve un *timing* correcto. Si no es así, con la presa de palanca de las rodillas puede marcar la velocidad del movimiento de rotación regular durante la elevación de la pelvis. Para hacer este movimiento usted deberá girar los brazos en correspondencia.
- Como **practicante** debe procurar no realizar el movimiento de rotación aisladamente, sino durante la elevación.

Variantes de los ejercicios

Elevación de la pelvis en el banco inclinado con rotación

Además de las indicaciones dadas también son válidas las indicaciones proporcionadas para el ejercicio de elevación de la pelvis en el banco inclinado (cap. D 4.4e) (ver fig. D-107).

Elevación lateral de la pelvis colgado de una barra

Posición

Cuélguese libremente de la barra; si su fuerza de prensión no es suficiente puede utilizar manguitos más grandes, que se pueden sujetar a la barra con mos-

quetones comprobando que no se puedan deslizar. Debe apoyar sus brazos en los manguitos al tiempo que los sujeta con las manos en la parte superior.

Realización

El ejercicio se realiza con las rodillas extendidas o flexionadas. Los brazos se mantienen rectos (colgando libremente) o constantemente doblados (cuando utilizamos manguito):

- Inclinación lateral de 90°
 - Levante las piernas rectas lateralmente lo más alto posible (fig. D-108 a–b).
 - Descienda lentamente las piernas, no las cumpie.
- Inclinación lateral con diferentes componentes de rotación:
 - Gire la pelvis hacia delante con el ángulo deseado –por ej. 30°– y levante también las piernas extendidas y juntas en dirección al eje de la pelvis (fig. D-108c–d).
 - Es casi imposible evitar una ligera basculación por razones de equilibrio, pero es importante que no se produzca un movimiento de cumpio.

Elevación de la pelvis colgado de una barra con rotación

- Adopte la misma posición que en el ejercicio anterior y flexione solamente las rodillas para la posición inicial (ángulo de la cadera >90°). Se efectúa el mismo movimiento de elevación de la pelvis con rotación que realizábamos en el suelo o en el banco inclinado.



Figuras D-107a + b Ejercicio de elevación de la pelvis en el banco inclinado con rotación
a) Posición inicial b) Posición final



Figuras D-108a-d Ejercicio de elevación lateral de la pelvis colgado de una barra (aquí con manguitos para los brazos)
a) Inclinación lateral de 90°, posición inicial b) Posición final



c) Inclinación lateral con rotación máxima



d) Posición final

- En este ejercicio tan difícil también hay que procurar que la elevación y el descenso de la pelvis sean lentos; no se debe mover las piernas.

Observaciones

Los ejercicios anteriores tienen gran importancia para la movilidad de la pelvis. Estos ejercicios deberían integrarse en el repertorio de deportistas de diferen-

tes disciplinas y también en el de practicantes de fitness de nivel avanzado y ser utilizados de vez en cuando.

f) Máquina de elevación de la pelvis con posición lateral

La máquina de elevación de la pelvis descrita se puede utilizar también para entrenar intencionadamente las diferentes fibras musculares laterales.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Oblicuo externo del abdomen (ipsolateral)
- Oblicuo interno del abdomen (ipsolateral)
- Recto del abdomen (los dos compartimentos inferiores del cordón ipsolateral).

Estabilizadores

- Recto del abdomen (compartimentos superiores)

- Cadena muscular del brazo y de tracción de la espalda.

Realización del ejercicio

Posición

- Este ejercicio es igual que el de la máquina de elevación de la pelvis (cap. D 4.4f).
- Lo único que varía es la posición de sedestación, de forma que la pelvis queda rotada de 30° a 45° respecto a la línea de unión de los dos hombros hacia la derecha o hacia la izquierda.
- Como ocurría con los ejercicios de elevación lateral de la pelvis libres, aquí también se contraen las fibras



Figuras D-109a+b Realización del ejercicio de elevación de la pelvis lateralmente
a) Posición inicial
b) Posición final

musculares abdominales laterales del lado de la elevación (ipsolateral).

g) Máquina de rotación de tronco

Las máquinas de rotación de tronco, denominadas también máquinas de *twist*, permiten llevar a cabo de forma relativamente aislada los movimientos de rotación de la CV contra resistencia. Existen diversas máquinas de rotación entre las que debemos diferenciar aquellas en las que la carga es aplicada desde arriba a) nivel de la cintura escapular) o desde abajo (a nivel de la pelvis) sobre la columna vertebral.



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Oblicuo externo de abdomen (ipsolateral)
- Oblicuo interno del abdomen (contralateral)

Sinergistas

- Músculos transversoespinosos (rotadores, multifidos)
- Transverso del abdomen.

Estabilizadores

- Los aductores o abductores de la pierna según la fijación
- Musculatura de la cintura escapular

Realización del ejercicio: máquina de aplicación superior de la carga

Posición

- En la mayoría de las máquinas se puede ajustar la posición inicial de la

palanca móvil. Para las personas sanas, si quiere realizar una rotación hacia la derecha coloque la palanca a unos 20° de rotación izquierda (y viceversa para la rotación hacia la izquierda).

- Sitúese sobre el asiento de forma que el eje longitudinal de la columna vertebral coincida con la prolongación imaginaria del eje de rotación de la máquina.
- Debe fijar completamente la parte lateral de la pelvis. Para conseguir la fijación ponga en tensión los aductores o los abductores de la pierna y la cadera según la situación de los soportes.



Figura D-110 Máquina de rotación de tronco con aplicación superior de las cargas (Foto: Gottlob)

Realización

- Agarre la palanca movable y fijese a ella con los brazos y con la parte superior del tronco de forma que la cintura escapular no pueda realizar movimiento alguno durante el ejercicio.
- Permanezca en posición sentada erguida durante todo el ejercicio.
- Si quiere rotar hacia la derecha empuje la palanca contra resistencia hacia la derecha. Deje que la palanca vuelva lentamente y, antes de dejar completamente el peso, vuelva a empujarla de nuevo hacia la derecha. Este movimiento se debe efectuar evidentemente libre de impulso.

- Si su máquina no dispone de un limitador del movimiento inicial, debe limitar la fase de movimiento excéntrica activamente mediante su feedback óptico o colocando marcas.

Realización del ejercicio: máquina de aplicación inferior de la carga

Posición

- En muchos fabricantes se puede ajustar la posición inicial del asiento. Si quiere efectuar una rotación hacia la derecha (desde la pelvis), coloque la palanca a unos 20° de rotación izquierda (y viceversa para la rotación hacia la izquierda).



Figura D-111 a + b Máquina de rotación de tronco con aplicación de las cargas a través de la pelvis
a) Posición inicial
b) Posición final

- Sitúese sobre el asiento de forma que el eje longitudinal de la columna vertebral coincida con la prolongación imaginaria del eje de rotación de la máquina.
 - Debe fijar completamente la parte lateral de la pelvis. Para conseguir la fijación ponga en tensión los aductores o los abductores de la pierna y la cadera según la situación de los soportes.
- Realización*
- Agarre la fijación rígida de la parte superior del tronco de forma que la cintura escapular no pueda realizar movimiento alguno durante el ejercicio.
 - Permanezca en posición sentada erguida durante todo el ejercicio.
 - Si quiere rotar hacia la derecha, empuje la totalidad del asiento contra resistencia todo lo que pueda hacia la derecha. Deje que el asiento vuelva lentamente y antes de dejar completamente el peso empújelo de nuevo hacia la derecha. Este movimiento se debe efectuar evidentemente libre de impulso.
 - Si su máquina no dispone de un limitador del movimiento inicial, ha de limitar la fase de movimiento excén-



Figura D-112a + b Máquina de rotación de tronco con aplicación de cargas contrarias
a) Posición inicial



b) Posición final

trica activamente mediante su *feedback* óptico o colocando marcas.

Realización del ejercicio: máquina de aplicación de cargas contrarias

En este ejercicio se superponen los dos últimos movimientos descritos sin ningún problema. La aplicación de la carga es superior e inferior, pero en direcciones contrarias. Se produce de esta manera un carga de rotación regular de la columna vertebral.

- Se debe adoptar la misma posición que en los ejercicios anteriores, fijando ahora la región de la cintura escapular y de la pelvis con la palanca y el asiento respectivamente.
- El movimiento se realiza como antes, pero ahora debe hacer fuerza para el movimiento de rotación tanto con la cintura escapular como con la pelvis.

Amplitud del movimiento

Al realizar un **movimiento de rotación** hacia la derecha, la amplitud del movimiento puede ser máxima hacia la derecha, pues la resistencia a elevar actuará frenando, lo que permite evitar una posición forzada en posición máxima. El movimiento hacia la izquierda, en cambio, se debe limitar antes de alcanzar la posición máxima, pues si no se crea una posición forzada. Y viceversa para la **rotación izquierda**.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe comprobar que el practicante mantenga una posición erguida, que se siente en el cen-

tro del eje de la máquina y que evite cualquier movimiento de la zona de la cintura escapular y de la pelvis. Además hay que controlar que las amplitudes del movimiento sean las indicadas.

- Como **practicante** debe comprobar que mantiene la posición erguida mirándose en el espejo. También puede controlar ópticamente la inmovilidad de la cintura escapular y de la pelvis.

Observaciones

Como ya hemos explicado, poseer una buena movilidad en rotación de la columna vertebral es muy importante para la vida cotidiana y para la práctica de un deporte. Debido al déficit de calidad de las resistencias que proporciona la fuerza de la gravedad para la rotación de la CV, las máquinas de rotación de la CV con inserción de pesos y limitadores del movimiento (para la fase excéntrica) proporcionan ejercicios de gran calidad. Estos ejercicios no presentan ningún problema y se pueden utilizar para alcanzar diferentes objetivos. El sistema de ejercicios libres que mostramos a continuación representa una variante ideal para trabajar la coordinación.

h) Movimiento de rotación libre de la CV

Los ejercicios de rotación libre representan una ampliación ideal de los movimientos aislados. Para que estos ejercicios sean efectivos es decisiva la dirección de las fuerzas de las resisten-

cias elegidas. Ejercicios como los movimientos de rotación girando un bastón son ineficaces y muchas veces incluso perjudiciales. En estos casos la resistencia no actúa en dirección contraria al movimiento, lo que proporciona estímulos de entrenamiento situados por debajo del umbral de estimulación, la aparición de posiciones forzadas y la aplicación de cargas de compresión innecesarias.

La dirección de la fuerza que actúa en la resistencia que proponemos a continuación es, en cambio, un estímulo de entrenamiento adecuado para los músculos responsables de la rotación. Los ejercicios se realizan con cintas de goma (tubes) o, todavía más flexibles, con aparatos de tracción de poleas regulables. Necesitará **dos tubes o dos aparatos de tracción de poleas** equipados como mínimo con una, dos o tres poleas sueltas (relación 1:4 o 1:8) y que dispongan de un asa ajustable a diferentes alturas.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Oblicuo externo del abdomen (ipsolateral)
- Oblicuo interno del abdomen (contralateral)

Sinergistas

- Músculos transversoespinales (rotadores, multifidos)
- Transverso del abdomen
- Anteversores de la escápula con el deltoides y el pectoral anterior y

retractores de la escápula con el dorsal ancho (en la primera variante del ejercicio)

Estabilizadores

- Cadena extensora de la rodilla y de la cadera para fijar la pelvis
- Músculos de la cintura escapular

Realización del ejercicio

Posición

- Si utilizamos dos **aparatos de tracción**, éstos han de estar lo suficientemente lejos para que los pesos no queden apoyados en el suelo durante la realización del ejercicio. Coloque las asas a la altura de pecho.
- Si utiliza los **tubes**, sujételos también a la altura del pecho, por ej. en los puntales de dos máquinas que estén separadas una de la otra de forma que se cree una resistencia de tracción correspondiente durante la realización del ejercicio.
- Agarre ambas asas una detrás de otra; colóquese en el medio entre los dos aparatos de tracción o entre las fijaciones de los tubes y avance un paso con una pierna en ligera flexión de rodillas y tensando los glúteos.
- Efectúe una **rotación hacia la derecha**; la cuerda o la goma del maneral de la mano izquierda se dirige hacia atrás y el de la mano derecha hacia delante. Si la **rotación es hacia la izquierda**, efectúe un giro de 180° con las asas en la mano, de forma que la dirección de la tracción sea hacia delante para la mano izquierda y hacia atrás para la mano derecha.

- Los codos están flexionados, las manos sujetan ambas asas en prolongación recta de los antebrazos y no debemos flexionar la articulación de la muñeca.

Realización

- Durante la realización de los siguientes movimientos de rotación debemos mantener el eje de la pelvis estable. La rotación debe hacerse desde la columna vertebral y no desde la rotación de la pelvis.
- Existen dos variantes del ejercicio.

Variantes del ejercicio

Rotación libre de la CV con movimiento de la escápula, (fig. D-113)

- Cuando realice una **rotación hacia la derecha** empuje con el brazo izquierdo recto hacia delante al tiempo que lleva el brazo derecho lo más atrás posible, de forma que el codo quede flexionado y el hombro extendido.
- Lo más importante aquí es que el eje de la cintura escapular quede rotado al máximo respecto al eje de la pelvis. Esto significa que el hombro izquierdo también se llevará lo más adelante posible y el derecho lo máximo hacia atrás.



Figura D-113a + b Ejercicio de rotación libre de la CV con movimiento de la escápula en el aparato de tracción de poleas (rotación hacia la derecha)

a) Posición inicial

b) Posición final

- En la fase final del movimiento de rotación debemos intentar abducir al máximo la escápula izquierda (protracción), con lo que se consigue aumentar la movilidad activa de la escápula y ayudar todavía más al movimiento de rotación. Este movimiento adicional es ideal cuando existe una debilidad de abducción de la escápula y muy adecuado para deportistas como los lanzadores o los luchadores.
- Durante el movimiento de regreso lleve el brazo y el hombro izquierdo hacia atrás y avance el brazo y el hombro derechos.
- Para realizar un **movimiento de rotación izquierda** debe efectuar un giro de 180° respecto a la posición inicial mirando ahora la otra polea o la otra sujeción del tube.

Rotación libre de la CV manteniendo la cintura escapular rígida (fig. D-114)

En este ejercicio se mantiene toda la cintura escapular muy rígida y los brazos quedan algo separados del cuerpo.



Figura D-114a + b Ejercicio de rotación libre de la CV con la cintura escapular rígida (rotación hacia la derecha)
a) Posición inicial



b) Posición final

Elección de la resistencia

- En el **aparato de tracción de poleas** la resistencia varía directamente como siempre colocando más pesos.
- Con los **tubes** se puede aumentar la resistencia utilizando tubes más “duros”, aumentando la distancia de fijación o utilizando de dos a tres tubes juntos.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe comprobar si el practicante mantiene la fijación del eje de la pelvis y si realiza suficiente rotación con la cintura escapular.
- Como **practicante** debe procurar mantener la simetría de los movimientos y como siempre que sean regulares. Compruebe también que la pelvis se mantenga rígida. Finalmente tenga también en cuenta que no debe mover sólo los brazos respecto al hombro, sino que debe rotar todo el conjunto de la cintura escapular.

4.6 Ejercicios de las cadenas musculares abdominal y flexora de la cadera

Cuando disponga ya de fuerza muscular abdominal suficiente y una buena capacidad motriz de la columna vertebral, le aconsejamos introducir ejercicios más complejos integrados en la cadena muscular abdominal y flexora de la cadera. Puede practicar ejercicios como los de elevación de piernas funcional o los levantamientos de tronco funcionales, que a diferencia de la elevación de piernas y los levantamientos de tronco tradicionales ofrecen patro-

nes de movimiento mucho más favorables biomecánicamente. Ambos ejercicios son adecuados para alumnos avanzados y para deportistas de alto rendimiento, aunque el practicante de fitness o la persona que se encuentra en un proceso de rehabilitación también podrían llegar a ser capaces de realizar estos ejercicios con el fin de participar de los efectos beneficiosos de este entrenamiento. Estos ejercicios permiten la integración efectiva de los cordones musculares estabilizadores de la columna abdominales y del psoas en una misma cadena cinética.

a) Elevación de piernas funcional

Este ejercicio sólo se puede llevar a cabo en un banco inclinado con una inclinación mínima de 25° respecto a la horizontal; la inclinación ideal se sitúa entre los 25° y los 60°. Los ejercicios realizados sobre un banco horizontal proporcionan una curva de resistencia tan desfavorable que no es posible conseguir una actividad muscular abdominal dinámica y además se crea una posición forzada en la fase inicial. De forma general para la fuerza se aconseja efectuar un mínimo de 10 repeticiones sobre un banco inclinado a unos 40° aprox. realizando el ejercicio tal como lo describimos a continuación.



Grado de dificultad: difícil (4)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Recto del abdomen (del primero al tercer compartimento inferior)

- Recto femoral
- Psoas ilíaco

Sinergistas

- Oblicuo externo del abdomen
- Oblicuo interno del abdomen
- Tensor de la fascia lata
- Sartorio

Estabilizadores

- Recto del abdomen (del primero al tercer compartimentos superiores)
- Transverso del abdomen
- Dorsal ancho

Realización del ejercicio

Posición

- En primer lugar coloque el banco con una inclinación de entre 25° y 60°.
- En el extremo superior del banco se necesita una agarradera cómoda para las manos.
- Siéntese sobre el banco de forma que se pueda sujetar al agarradero cómodamente al estirarse. Los codos deben permanecer siempre ligeramente flexionados.

Realización

- Levante ligeramente las piernas procurando en todo momento presionar la CL contra el banco en este momento. Esta posición es la más baja del ejercicio (fig. D-115a).
- A continuación levante las piernas de forma que la CL mantenga un contacto firme con el banco.
- Cuando empiece la tercera parte del movimiento levante su pelvis y finalmente el segmento inferior de la CL del banco.

- No debe mover las piernas más lejos de la posición neutra vertical, pues se producirían fuertes movimientos de flexión en la CL sin la protección muscular correspondiente. La movilidad articular activa de las articulaciones de la CL que se consigue gracias a la actividad muscular podría transformarse en una movilidad articular pasiva con riesgo de producir una posición forzada (la caída del peso de las piernas).
- Si quiere continuar flexionando la CL con activación del tercero o incluso del segundo compartimento del recto del abdomen, debe aumentar el ángulo de inclinación del banco.



Figura D-115 Elevación de piernas funcional
a) Posición inicial

- Cuando descienda la pelvis y las piernas –en la fase excéntrica del movimiento– debe proceder a la inversa. En estos casos es típico que se produzca una posición de hiperlordosis si la musculatura abdominal es demasiado débil o si los grupos musculares han llegado ya a cierto grado de agotamiento. Cuando ya se ha apoyado la pelvis, se debe garantizar el contacto permanente de la CL con el banco, es decir, durante la realización de los dos tercios inferiores del movimiento la CL debe permanecer pegada al banco.

Aumento de la resistencia

- La resistencia, compuesta por el peso de la parte inferior del cuerpo, puede ser aumentada fácilmente mediante la utilización de una mancuerna; tam-

bién se puede utilizar zapatos lastrados a los que es posible añadir más discos.

- Puede sujetar la mancuerna entre los pies, colocándola de forma vertical para impedir que se caiga.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe comprobar que el practicante no separe la CL del banco durante el movimiento de descenso de las piernas. Por otro lado, puede colaborar con el practicante durante el último tercio del movimiento ayudándole a elevar la pelvis y la CL en diferente medida según el ángulo de inclinación. Compruebe que la velocidad de realización del ejercicio sea regular y que no se produzca impulso alguno. Si es necesario



Figura D-115 Continuación
b) Segunda posición



Figura D-115 Continuación
c) Posición final

deje que el paciente efectúe una pequeña pausa de un segundo a la mitad del movimiento para continuar después con la segunda mitad.

- Como **practicante** debe procurar no levantar/flexionar las rodillas demasiado lejos en dirección a la parte superior del tronco y, por otro lado, no apoyarlas sobre el banco tras el movimiento de descenso. Mantener la CL en contacto permanente con el banco durante la segunda mitad inferior del movimiento.

una posición casi vertical (90°). Los ejercicios realizados sobre un banco horizontal proporcionan también en este caso curvas de resistencia desfavorables y con ello la posible aparición de posiciones forzadas tanto en la fase inicial como en la fase final. El banco necesita disponer de una fijación para los pies en forma de una cincha ancha o de rollo acolchado. Cualquier practicante debería ser capaz de enderezarse correctamente sobre un banco inclinado (a partir de 60°).



Grado de dificultad: difícil (4)

b) Levantamientos de tronco funcionales

Para este ejercicio también se utiliza un banco inclinado con un ángulo de inclinación mínimo de 25° con la horizontal, que se puede llegar a variar hasta

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Recto del abdomen (los dos compartimentos superiores)



Figura D-116 Levantamientos de tronco funcionales

a) Posición inicial

b) Segunda posición

- Recto femoral
- Psoas ilíaco

Sinergistas

- Oblicuo externo del abdomen
- Oblicuo interno del abdomen
- Tensor de la fascia lata
- Sartorio

Estabilizadores

- Recto del abdomen (compartimento inferior)
- Transverso del abdomen
- Flexores de la CC.

Realización del ejercicio

Posición

- Después de haber ajustado el banco en la inclinación deseada colóquese por ej. de pie a la derecha del banco con la mano derecha sujetando la cincha derecha y con la mano izquierda agarrando el borde contralateral del banco, siénte-

se colocando la pierna izquierda sobre el banco inclinado y coloque el pie derecho dentro de la cincha, y a continuación inserte el pie izquierdo.

- Flexione ligeramente las rodillas a unos 30°; este ángulo se debe mantener constante como mínimo durante los dos primeros tercios del movimiento.
- Descienda con la parte superior del cuerpo; sólo es aceptable que se quede “completamente colgado” cuando el banco sea muy inclinando.

Realización

- La realización de este ejercicio durante la primera mitad del movimiento tiene lugar como en las flexiones de tronco funcionales, es decir, los tres primeros compartimentos del recto se acortan uno a uno. En la primera fase de acortamiento se debe empujar de nuevo la CL firmemente contra el banco, después se podrá levantar.
- Después de acortar el tercer compartimento empieza la segunda mitad del movimiento en la que se produce un enderezamiento a través de los flexores de cadera hasta conseguir una flexión máxima en la CL y en la cadera.
- En la fase excéntrica del movimiento –durante el descenso– se debe mantener el acortamiento de la musculatura abdominal hasta que se haya extendido de nuevo la cadera en la posición de partida. A partir de aquí se puede permitir relajar sistemáticamente la musculatura abdominal; ver las flexiones de tronco funcionales.



Figura D-116 Continuación
c) Posición final

Aumento de la resistencia

Aquí se puede aumentar la resistencia de forma muy efectiva aplicando discos de pesas progresivamente como hacíamos con los las flexiones de tronco funcionales.

Control del ejercicio

Como **entrenador** y como **practicante** debe procurar que las secuencias del movimiento de la fase concéntrica y de la fase excéntrica se sucedan correctamente. Si no es posible realizar correctamente el enrollamiento/desenrollamiento de los tres primeros compartimentos del recto, tanto en la fase concéntrica como en la excéntrica, por un déficit de coordinación o por falta de fuerza, no se debe utilizar este ejercicio.

4.7 Algunos ejercicios críticos

En concordancia con las reflexiones ya expuestas, los ejercicios que se exponen a continuación, propuestos frecuentemente, deberían evitarse especialmente en el ámbito del fitness y de la rehabilitación.

A continuación indicamos esquemáticamente los problemas e inconvenientes que presentan:

Postura de inclinación lateral unilateral o inclinación lateral con tracción de poleas inferiores

- Grandes cargas unilaterales para la CV
- Aparición de posiciones forzadas
- Carga de compresión adicional para la CV.

Posición de inclinación bilateral

- Aquí no se produce trabajo físico (el

levantamiento de un peso se hace por compensación del otro). No se produce efecto de entrenamiento alguno para los músculos abdominales laterales; se trata de un ejercicio puramente gimnástico.

- La masa de impulso es muy grande.
- Se producen cargas de compresión adicionales para la CV.

Rotación de la CV sobre el plato de rotación de tronco o en bipedestación con rotación del bastón

- Aparición de posiciones forzadas por la ausencia de estructuras de frenado y por el hecho de que la resistencia se crea a través de la **aceleración**. Si no se produce aceleración, no existe ningún tipo de resistencia: se trata de pura gimnasia sin estímulo de entrenamiento de la fuerza.
- Si se aplican masas de impulso todavía mayores, se agrava la problemática (por ej. si sustituimos el bastón por la haltera o añadimos discos al plato de rotación de tronco).

En decúbito supino con las rodillas extendidas y 90° de flexión de cadera descender las piernas a derecha y a izquierda

- Grandes momentos de impulso (dinámica)
- El estímulo de entrenamiento no es suficiente hasta justo antes de llegar al suelo
- La protección de las articulaciones interapofisarias en la rotación de la CL está reducida, ¡la CL está flexionada!

5. ENTRENAMIENTO DE LA COLUMNA VERTEBRAL CERVICAL

5.1 Anatomía y biomecánica de la CC

El **cuello** es atravesado por elementos de unión básicos. La tráquea y el esófago permiten el transporte de gases y de nutrientes, los vasos sanguíneos del cuello y las arterias vertebrales son responsables del aporte sanguíneo a la cabeza, y la columna cervical (CC) forma la unión articular de la cabeza con la caja torácica. La médula espinal garantiza el intercambio de información interna y la laringe es, por decirlo así, nuestro órgano de comunicación externo. Pero el cuello no solamente une la cabeza con el cuerpo, sino también el pensamiento con la sensibilidad, refleja la flexibilidad de una postura, la apertura y el aura personal. La rigidez del cuello o de la cabeza simbolizan la inmovilidad física y espiritual; un cuello

que se mueve libremente representa la posibilidad de comunicar abiertamente, la interacción armónica entre la cabeza y el corazón, caminos de comunicación que permiten que fluyan los sentimientos sin ser reprimidos. ¡El cuello es pues un punto de comunicación y de unión tanto física como mental!

Estructuralmente la **CC** (7 vértebras cervicales) se puede dividir en una CC superior con las dos vértebras cervicales atípicas C1 (atlas) y C2 (axis), y una CC inferior con las cinco vértebras tipo, de C3 a C7 (C = de cervical, cuello). La cabeza se mantiene apoyada en las dos articulaciones superiores (articulaciones atlantooccipitales). A través del foramen occipital la médula espinal, con sus importantes centros vitales, entra en el conducto vertebral de la CC. Ya como médula espinal discurre por el interior del conducto protegida por la columna

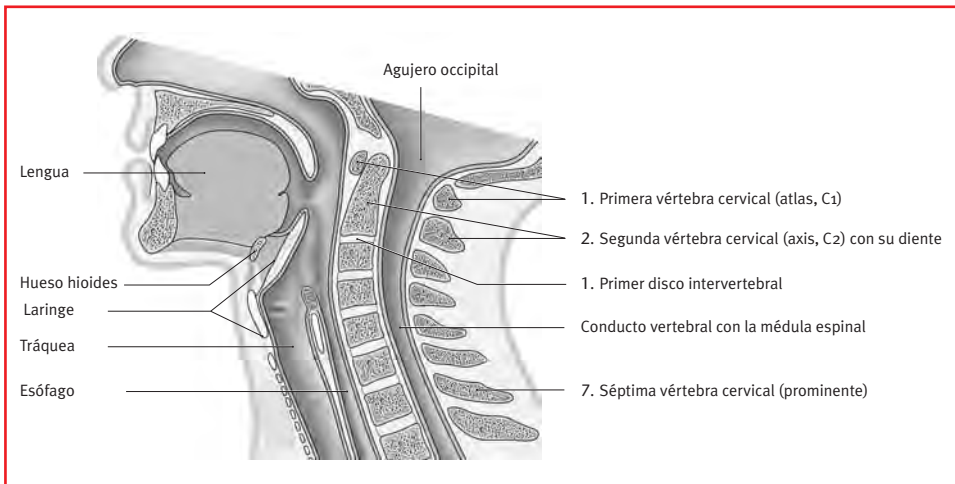


Figura D-117 Corte longitudinal de la cabeza y el cuello (corte sagital)

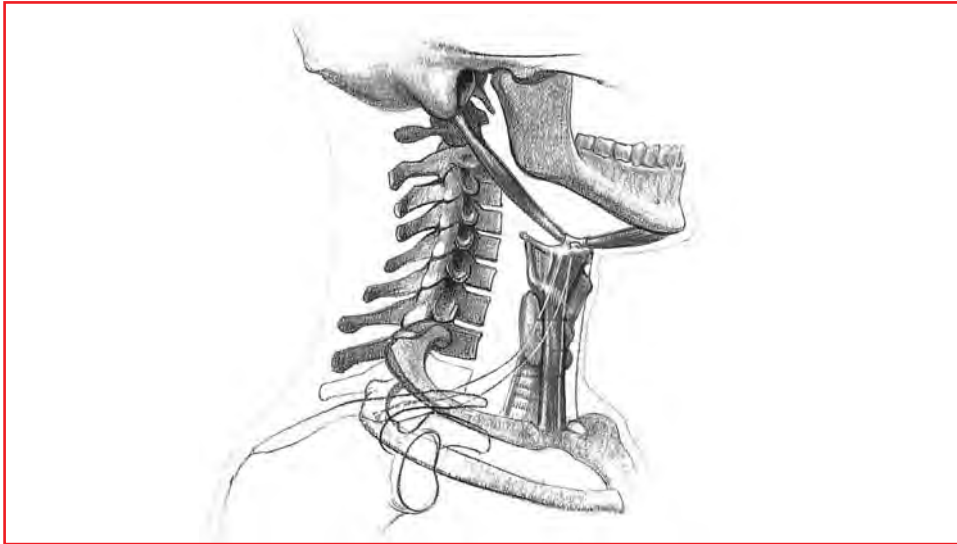


Figura D-118 Columna cervical (CC), (de: Bammes, *Die Gestalt des Menschen* [La estructura humana], 8ª edición, Editorial Ravensburger 1995)

vertebral, y de ella salen los respectivos cordones nerviosos a cada lado de las vértebras. La médula espinal tiene la fun-

ción de enviar la información motriz del SNC (sistema nervioso central) hacia la periferia, recoger la información sensi-

Tabla D-19 Articulaciones de la CC

36 articulaciones de la CVC	
Articulaciones atlantooccipitoides	C0 – C1 Apoyo de la cabeza (C0) sobre la primera vértebra cervical (C1 o atlas) mediante dos articulaciones atlantooccipitales, gran movilidad en flexoextensión, ¡no hay disco intervertebral!
Articulaciones atlantoaxiales	C1/C2 4 arts. atlantoaxiales (2 arts. mediales [a través del diente del axis] y 2 arts. laterales) permiten una gran movilidad en rotación de 90° aprox. pero no permiten movimientos de inclinación lateral y tan sólo pequeños movimientos de flexoextensión. ¡Tampoco hay disco intervertebral!
Articulaciones de la CC inferior	C2/C3 a C7/T1 Dos articulaciones con los arcos vertebrales correspondientes (típicas articulaciones interapofisarias), 2 articulaciones uncovertebrales (a la derecha y a la izquierda entre dos cuerpos vertebrales consecutivos) y un disco intervertebral. Todos los segmentos vertebrales disponen de una buena movilidad en los tres planos.

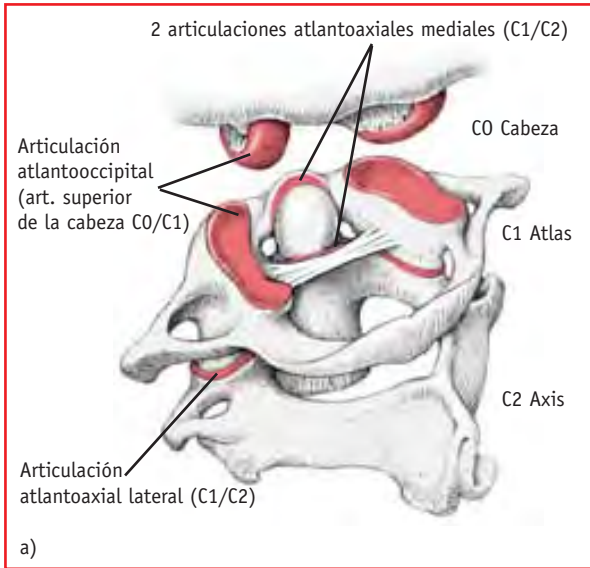


Figura D-119 CVC con las articulaciones del típico segmento vertebral

a) Articulaciones de la cabeza (C0/C1 y C1/C2)

va de la periferia, transportarla hacia los centros superiores del SNC y ejecutar la respuesta refleja. Las arterias vertebrales discurren a través de los agujeros de las apófisis transversas de la CC hacia el agujero occipital.

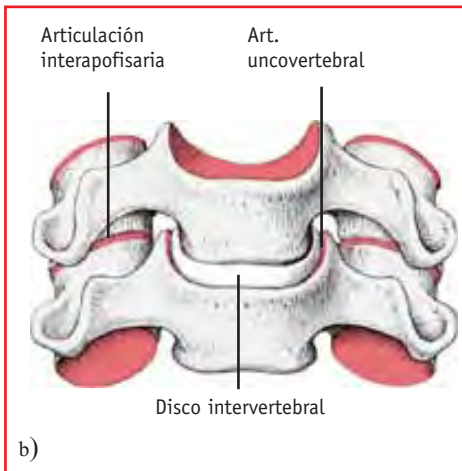


Figura D-119 Continuación
b) Articulaciones de la CVC inferior

Las 36 articulaciones de la CC, con su geometría particular, permiten el mayor ámbito de movimiento de toda la columna vertebral, el aumento del campo de visión y una ampliación del ámbito de actuación. De acuerdo con el principio de orientación del movimiento humano “la cabeza guía, el cuerpo sigue” la musculatura de la nuca, muy sensible, permite realizar movimientos muy precisos a pesar de la gran movilidad de posee.

La CC es muy flexible en los tres planos de movimiento principales, pues el gran número de articulaciones de que dispone permite llevar a cabo casi todas las combinaciones de movimientos.

Incluso un movimiento lineal de la cabeza de poca amplitud se puede realizar a través de un movimiento contrapuesto de las partes superior e inferior de la CC. En posiciones máximas de estos movimientos lineales los discos interver-

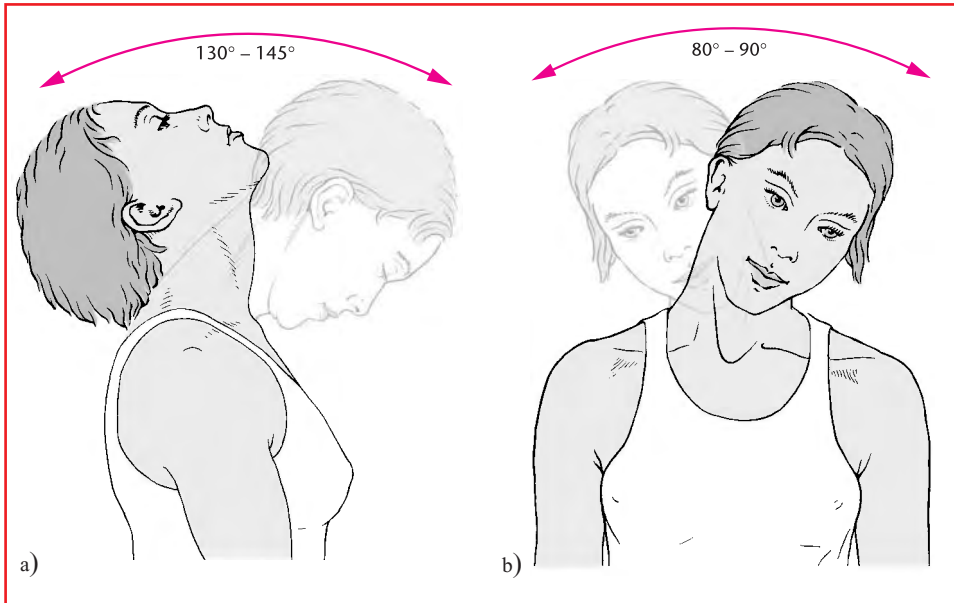


Figura D-120 Movilidad del cuello y de la cabeza en los tres planos de movimiento principales
a) Flexión/extensión
b) Inclinación lateral derecha e izquierda (flexión lateral)

tebrales y las estructuras articulares experimentan cargas arriba y abajo en posiciones contrarias.

Además de las fuerzas musculares, la CVC experimenta sobre todo la fuerza del peso de la cabeza, los momentos de rotación y fuerzas de cizallamiento que se crean en función de la postura y las fuerzas de inercia y de aceleración que se producen cuando hay dinámica y que pueden llegar a ser muy importantes. En posiciones que provocan mucha carga, como las posiciones en sedestación o en bipedestación, la posición en extensión de la CC, la postura inclinada de la cabeza o la interiorización de la cabeza (“postura de buitre”) producen puntos de

fuerza de compresión máxima puntuales que pueden llegar a tener un valor diez veces superior al peso de la cabeza (Moroney 1988). Se crean además fuerzas de cizallamiento que pueden cargar considerablemente las articulaciones y los discos intervertebrales si la tensión muscular es demasiado débil (ver cap. D 2.2). Cuando las fuerzas aplicadas son muy grandes, se corre el riesgo de provocar un desplazamiento de la vértebra con posible estrechamiento del conducto vertebral.

Al realizar movimientos bruscos de la cabeza en la vida cotidiana o durante la práctica deportiva, con gran velocidad y especialmente con los golpes, de **fuerzas**

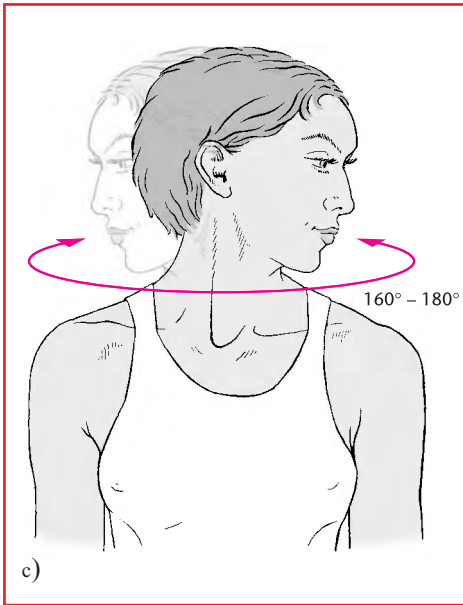


Figura D-120 Continuación

c) Rotación derecha e izquierda alrededor del eje longitudinal (rotación axial)

neo de 20 a 35 g al recibir un golpe directo. Si se recibe un golpe de boxeo dado sin guantes o si la persona no dispone de buenas estructuras musculares de amortiguación (experimentos hechos en maniqués), estos valores aumentan hasta 90 g, lo que provoca forzosamente lesiones masivas en una situación real (Lemme 1997). Los boxeadores pueden reducir un poco esta aceleración reaccionando rápidamente y mediante la fuerza extraordinaria de su musculatura cervical. Estas grandes cargas para la CC también aparecen al realizar movimientos como los toques de balón con la **cabeza en el fútbol**, en la **lucha**, en el judo, en el **fútbol americano**, en el **hockey sobre hielo** o en deportistas hiper-

móviles de **danza** o de **gimnasia**, y en todas estas disciplinas se requiere una musculatura cervical extraordinariamente fuerte.

En la **vida cotidiana** también se puede sufrir “tirones” cervicales al girar rápidamente la cabeza o lesiones muy graves motivadas por una caída. En accidentes, como en el **choque clásico del coche por detrás**, la CC sufre una hiperextensión muy rápida seguida de una importante flexión que provoca el síndrome de latigazo cervical con hiperextensión de la CC, desgarró de los vasos sanguíneos y nervios y puede que incluso con una fisura de las estructuras ligamentarias. En casos extremos se puede producir una dislocación de la articulación intervertebral con lesión de la médula espinal que puede causar una lesión medular o incluso la muerte.

Además de estas posible cargas máximas, en nuestra sociedad actual tenemos otro tipo de actividades (conducir, mirar la televisión o trabajar horas y horas ante un ordenador), en las que **la CVC se mantiene durante muchas horas en una posición fija**. La dirección de nuestra mirada ya viene determinada, solamente se puede efectuar pequeños movimientos con los ojos y la CC gana progresivamente en rigidez. Este déficit de movimiento fisiológico mínimo no proporciona las cargas de cambio y de presión esenciales para las articulaciones vertebrales y **reduce el aporte de nutrientes** de las estructuras alimentadas por difusión como el cartílago y los anillos fibrosos. También están notable-

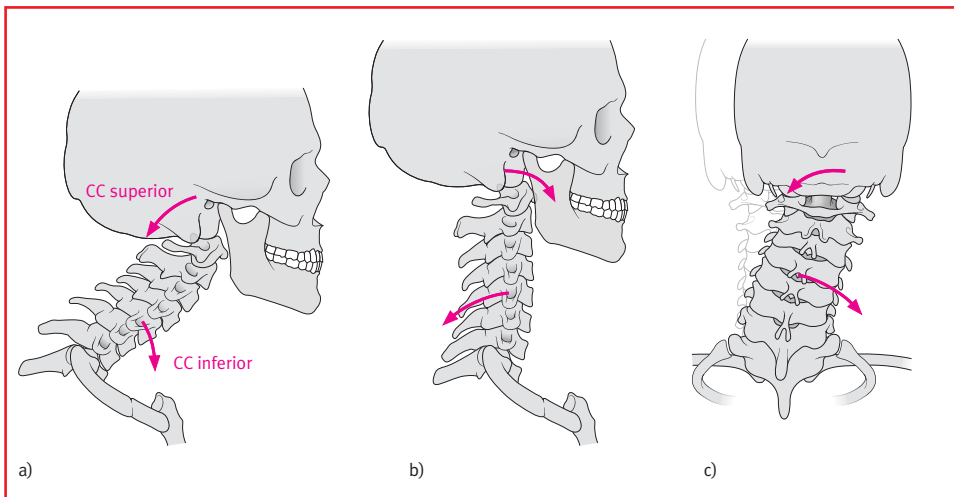


Figura D-121 Movimientos “lineales” de la cabeza

a) “Posición de buitre”; extensión de la CC superior, flexión de la CC inferior

b) “Cuello plano”; flexión de la CC superior, extensión de la CC inferior

c) “Desplazamiento hacia la derecha”; inclinación lateral hacia la izquierda de la CC superior, inclinación lateral hacia la derecha de la CC inferior y ligera rotación. Viceversa para un “desplazamiento hacia la izquierda”.

mente **reducidos los estímulos necesarios para la formación** de nuevo tejido óseo y cartilaginoso. Con el tiempo se producen acortamientos **musculares** y **debilidad de grupos musculares enteros**, limitaciones del movimiento de la CC y pérdidas funcionales de segmentos

completos de la columna vertebral que ven notablemente reducida su propiocepción. Esto significa una **reducción de la estabilización articular**: se reducen los mecanismos de protección de la CC, lo cual crea situaciones críticas, pues cualquier movimiento de aparición

Figura D-122 Cargas extremas para la CC en dos luchadores. La amplia extensión de la CC del luchador inferior recibe la carga de su peso y del peso del cuerpo de su contrincante y además experimenta fuerzas dinámicas importantes durante la lucha



brusca no podrá ser suficientemente “amortiguado”. Esta situación todavía se agrava más si se mantiene constantemente una postura situada fuera de la situación de equilibrio, si se mantiene por ej. la cabeza inclinada o desplazada anteriormente (aumento de puntos de compresión puntuales). Una vez más vemos la importancia que tiene la estructuración de nuestros lugares de trabajo.

En sus investigaciones histológicas y radiológicas de las articulaciones intervertebrales de la CC en cadáveres de personas con edades comprendidas entre los 20 y los 86 años, *Fletcher* observó la aparición progresiva de artrosis en las articulaciones intervertebrales **de la CC** a partir de los 30 años de edad aprox., modificaciones del tejido óseo y formación de osteófitos (pequeñas prominencias óseas creadas por la formación afuncional de nuevo tejido óseo) (*Fletcher* 1990). ¿Podría ser esto un indicio del uso afuncional que hacemos de la CC? ¿Del déficit nutricional de las estructuras? ¿Del déficit de aplicación de estímulos de presión y de cambio? *Bogduk* también explicó que el dolor cervical crónico se localiza mayoritariamente en los discos y en las articulaciones intervertebrales (*Bogduk* 1984). Pero estas estructuras –disco intervertebral, cartílago, cápsula articular– son justamente las que no reciben aporte sanguíneo, nutriéndose por difusión y por el transporte activo de líquidos con nutrientes (ver cap. D1). Si no se aplica movimiento alguno durante mucho tiempo, los procedimientos de carga y de descarga

fisiológicos tan necesarios para el transporte de líquidos no tienen lugar. ¡La nutrición es deficitaria! Si se mantiene una postura incorrecta durante mucho rato, el aumento de compresión local que se produce y el gradiente de presión contrario que se crea dificultan todavía más la difusión de sustancias. ¡En estos puntos de tanta carga se puede producir un colapso del transporte!

El mantenimiento de cargas constantes sin movimiento, por un lado y las grandes cargas dinámicas de la CC, por otro, no ofrecen estímulos de tracción muscular suficientes para reforzar las estructuras pasivas. El aporte mínimo de nutrientes y las grandes cargas crean una espiral desfavorable que avanza hacia una insuficiencia de la CC con la aparición de procesos degenerativos y progresivamente traumáticos.

¡Tras la exposición de estos hechos nos podemos dar cuenta de que el tan aconsejado entrenamiento puramente isométrico no representa en absoluto la solución de nuestros problemas! Al contrario, lo que necesitamos es trabajar con amplitudes del movimiento completas en las articulaciones de la CC y sin resistencia para conseguir una **nutrición óptima** en forma por ej. de una irrigación articular completa con líquido sinovial. Los **estímulos del entrenamiento muscular diferenciado** son de **suficiente calidad** para desencadenar el fortalecimiento de huesos, cartílago, cápsula, anillo fibroso, tendón y estructuras ligamentarias. En esta forma de entrenamiento se trabaja la musculatura de la CC funcionalmente y

en todos los ángulos articulares para que sea capaz de hacer frente a las cargas cotidianas y específicas de cada deporte.

Como **resultado** de estas reflexiones quiero dar algunos consejos respecto al mantenimiento y al fortalecimiento funcional de la CC:

1. Considere algunas consecuencias de la actividad cotidiana de la CC (ver cap. D 5.3).
1. Lleve a cabo dos o tres veces por semana un entrenamiento muscular diferenciado de la CC (ver cap. D 5.5).

5.2 Funciones y efectos de los músculos de la CC

a) Anatomía

La columna vertebral cervical y la bóveda inferior del cráneo están envueltos por **más de 30 músculos** con diferentes puntos de inserción y dispuestos en diversas capas. Estos músculos posibilitan la movilidad activa del cuello y de la cabeza en todas las direcciones, estabilizan las uniones articulares y actúan amortiguando los golpes y las sacudidas.

Los músculos extensores profundos del tronco descritos en el capítulo D 3.1 como los espinosos, los interespinosos, los transversoespinosos (semiespinoso y multifido) y el dorsal largo y el iliocostal se extienden hasta la CC como músculos de la nuca con puntos de inserción en las apófisis transversas y espinosas correspondientes, y posibilitan la extensión de la CC. Como otros **extensores** de la CC tenemos los músculos semiespino-

so de la cabeza, espinoso de la cabeza, esplenio de la cabeza y longísimo del cuello que se extienden hacia las respectivas apófisis transversas y espinosas de la CC inferior y de la CT superior. Estos posibilitan la extensión de la cabeza con la CC fijada o fijan la cabeza en la flexión de la CC inferior (“posición del buitre”). La porción superior del trapecio cubre los extensores de la CC y también tiene por su lado influencia extensora sobre la CC mediante sus fibras en el ligamento nucal y en el occipital. Como segundo músculo escapular, el elevador de la escápula se extiende desde la escápula hasta las apófisis transversas de las 4 vértebras cervicales superiores.

Los **músculos cortos profundos de la nuca** (recto posterior de la cabeza y oblicuo de la cabeza) tensan **los dos planos de las articulaciones de la cabeza** (C0/C1 y C1/C2) y permiten los movimientos de extensión y de rotación, así como pequeños movimientos de inclinación lateral en la CC superior. Junto con los músculos profundos ventrales de la nuca, el recto anterior de la cabeza y el largo de la cabeza, son los encargados de guiar de forma precisa la posición de la cabeza. En esta zona se puede conseguir una **gran precisión en el ajuste** de los movimientos dado que tenemos brazos de palanca muy cortos y una densidad de husos musculares muy alta, hasta 500 husos musculares por gramo de tejido muscular (en comparación con los valores de 15 a 30 en los músculos de las extremidades) (Wolf 1996).

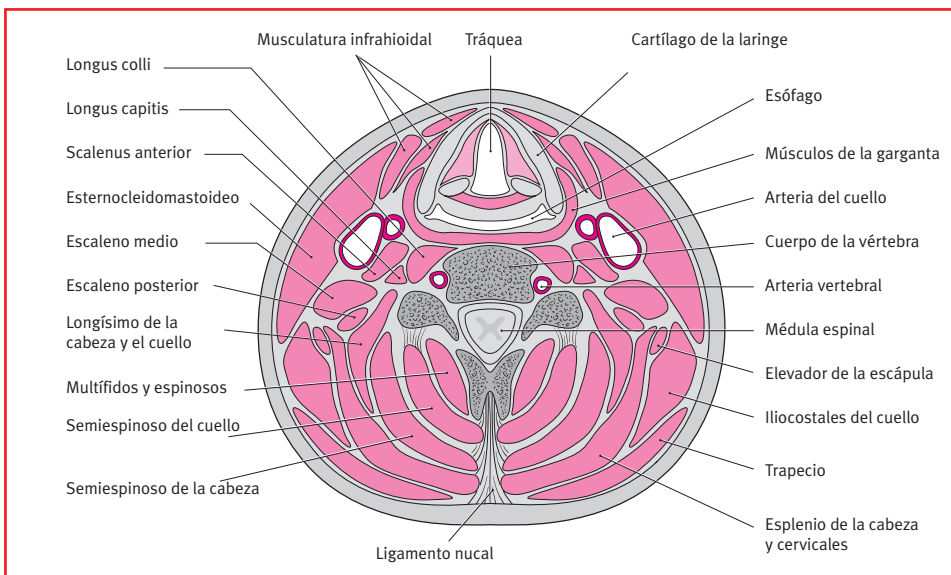


Figura D-123 Corte transversal de la CVC (a la altura de C5)

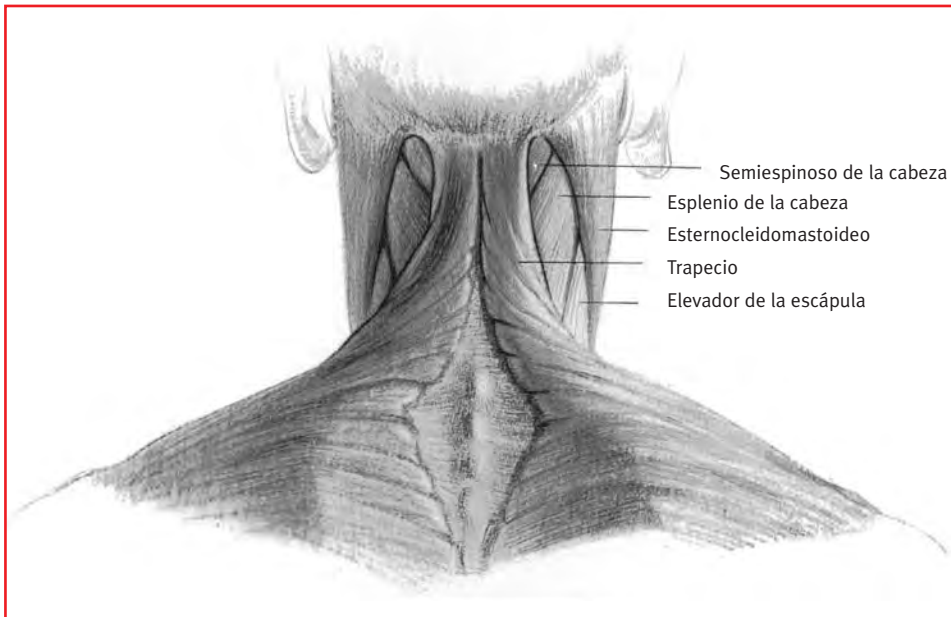


Figura D-124 Extensores de la CC, músculos de la nuca (capa superficial), (de: Bammes, *Die Gestalt des Menschen* [La estructura humana], 8ª edición, Editorial Ravensburger 1995)

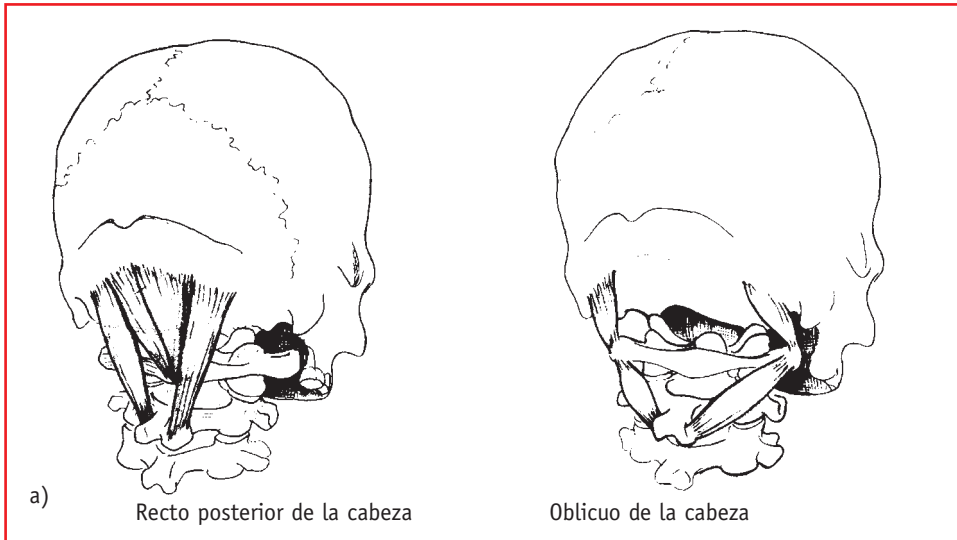
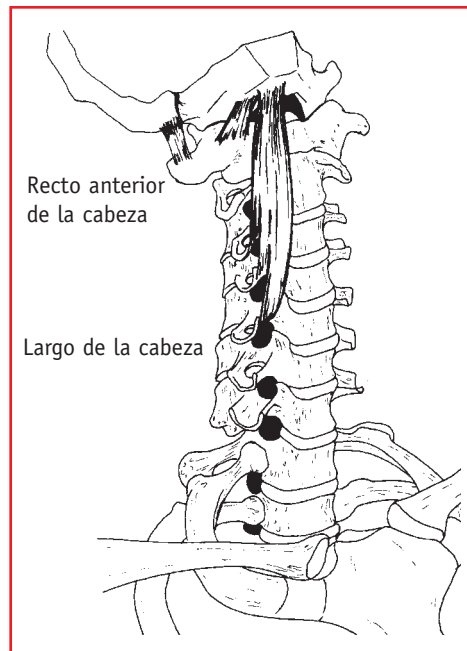


Figura D-125 a+b Músculos cortos y profundos de la nuca, (de: Calais- Germain (Anatomía para el movimiento), Editorial Fourier 1984)

a) Extensores

Si los extensores trabajan bilateralmente (contracción simultánea de los haces fibrosos del lado derecho y del izquierdo) se produce la extensión en la correspondiente zona cervical. Si, en cambio, sólo trabajamos unilateralmente (contracción de un solo lado), se produce un movimiento combinado de rotación e inclinación lateral. Si queremos efectuar un movimiento de rotación o de inclinación lateral puros de la CC, debido a la posición de las carillas articulares, la CC superior efectuará movimientos contrarios a la CC inferior.

Puesto que el punto de gravedad de la cabeza se sitúa por delante de las articulaciones de la cabeza, podemos observar que la musculatura de la nuca es mucho más fuerte que la musculatura flexora ventral del cuello. En la posición de



b) Músculos profundos de la nuca, flexores

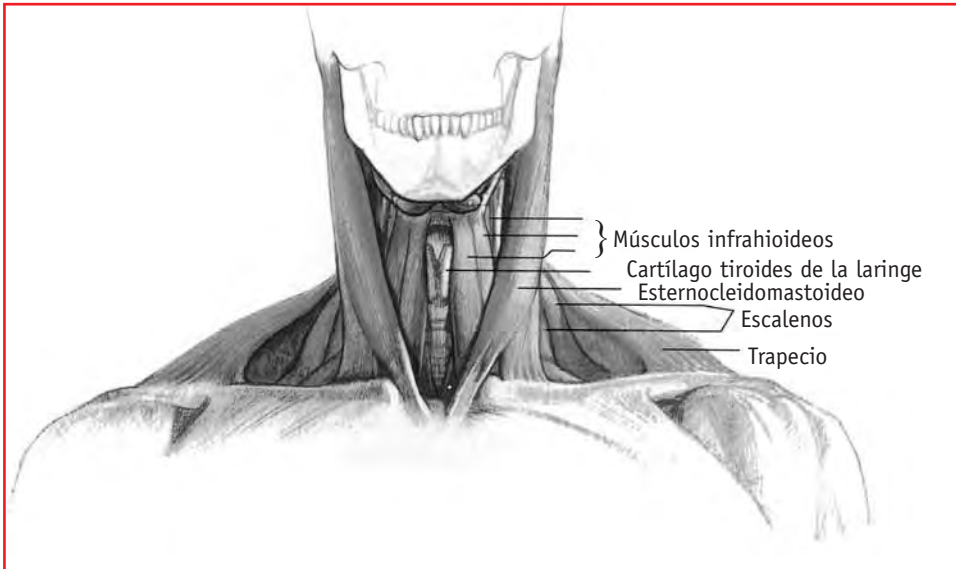


Figura D-126 Flexores ventrales del cuello (de: Bammes, *Die Gestalt des Menschen* [La estructura humana], 8ª edición, Editorial Ravensburger 1995)

máxima flexión el cuerpo debe utilizar más los mecanismos de protección y de frenado musculares mediante la musculatura de la nuca que en la posición de máxima extensión a través de los flexores de la CC, pues existe una limitación de tope óseo formado por las apófisis espinosas.

Los **músculos ventrales del cuello** son esencialmente el largo del cuello, los escalenos y el esternocleidomastoideo. Los músculos supra e infrahioideos, responsables entre otras cosas de la deglución y del habla, son capaces de flexionar fuertemente la cabeza y la CC si los músculos de la masticación están activados (apretar los dientes) y asumen funciones muy importantes para la estática de la CC. El m. esternocleidomastoideo

(girar la cabeza) se extiende desde la apófisis mastoides del temporal (justo por debajo del lóbulo de la oreja) y desde el occipital hasta el esternón y la clavícula. Forma el contorno anterior del cuello y realiza gran parte de la inclinación lateral y la rotación. Este músculo experimenta un importante acortamiento cuando efectúa la inclinación lateral hacia el mismo lado y la rotación hacia el lado contrario. También colabora en la flexión de la CC inferior y en la extensión de la CC superior.

b) Ventajas del entrenamiento muscular diferenciado de la CC

Según lo que acabamos de explicar, se puede comprender la importancia que tiene poseer una musculatura del cuello

fuerte y con capacidad de rendimiento. Desafortunadamente el entrenamiento de esta musculatura no es muy popular y no se le presta la atención que merece. Normalmente no se dispone del material adecuado, los conocimientos del entrenador tampoco son suficientes y el practicante no tiene bastante información. Muchas veces este entrenamiento no se empieza por miedo a lesionar la CC. La tabla D-20 muestra los efectos que puede tener para el cuerpo unos músculos del cuello entrenados diferencialmente.

¿Cómo podemos entrenar los músculos del cuello y de la nuca para que sean fuertes y ofrecer los estímulos de crecimiento fisiológicos para las estructuras pasivas sin cargar o lesionar las estructuras más sensibles del cuello (articulaciones, arterias vertebrales, médula espinal, nervios, disco y ligamentos)? A continuación vamos a ocuparnos de las condiciones de la vida cotidiana y de las específicas del entrenamiento.

5.3 Consideraciones previas para el entrenamiento de la CC

En la tabla D-21 encontrará consejos para actuar en la vida cotidiana con el fin de evitar que se produzcan cargas desfavorables y mantener la CC funcional.

Para realizar el entrenamiento muscular diferenciado de la CC, se debe tener en cuenta las condiciones especificadas a continuación, además de los doce principios EF (tabla D-22).

En la **rehabilitación** de la CC también cabe iniciar precozmente este tipo de entrenamiento, lo que conducirá a una

curación y desaparición del dolor más rápidas. Los médicos del *Hospital Royal Victoria* de Belfast encontraron en una investigación muy extensa realizada sobre 247 pacientes que habían sufrido un ligero traumatismo de latigazo cervical que el entrenamiento precoz de los músculos de la nuca proporcionaba resultados más rápidos que el reposo prolongado. Los pacientes practicaban ejercicios de la CC con amplitudes completas que podían llevar a cabo en su casa tras haberlos aprendido correctamente. La desaparición del dolor fue instantánea en todos los pacientes.

En el **próximo apartado** encontrará ejercicios efectivos para las cuatro direcciones principales de movimiento, **extensión, flexión, inclinación lateral y rotación**, así como **movimientos combinados**. Los movimientos lineales de la cabeza tienen mucho sentido para el aprendizaje de los movimientos, pero no se deberían efectuar contra resistencia. En este caso ya se ha explicado que la CC inferior experimenta la carga exactamente en el lado contrario que la CC superior. Esto significa que en los dos puntos de inversión del movimiento es imposible evitar la aparición de posiciones forzadas, a menos que se haga a costa de limitar de forma inaceptable la amplitud del movimiento.

Para el practicante de fitness basta con practicar un ejercicio de cada, por ej. uno de extensión de la CC, uno de flexión, uno de rotación y uno de inclinación lateral. Si existen requerimientos

Tabla D-20 Ventajas de un entrenamiento muscular diferenciado de la CC

<ul style="list-style-type: none">• Postura erguida y coordinada de la cabeza con aumento de la sensación de bienestar
<ul style="list-style-type: none">• Mejora de la capacidad de frenado y de regreso de la CC desde la posición de máxima flexión, extensión, inclinación lateral y rotación. ¡Profilaxis ante el riesgo de lesiones!
<ul style="list-style-type: none">• Mejora de la movilidad de la CC
<ul style="list-style-type: none">• Mejora la protección de la CC por la creación de un corsé muscular muy fuerte ante los factores mecánicos externos
<ul style="list-style-type: none">• Correcta absorción de las fuerzas de aceleración y energías actuantes sobre la cabeza. Adecuado especialmente para deportistas que deben absorber y desviar grandes energías durante la práctica deportiva, por ej. el fútbol (toque con la cabeza), el boxeo, la lucha libre, en deportes de motor, los jugadores de fútbol americano, en nadadores (braza y crol) y los saltadores.
<ul style="list-style-type: none">• La aplicación de cargas fisiológicas de compresión y de cambio mediante el entrenamiento de la CC mejora la nutrición de las articulaciones de la CC y de los discos intervertebrales y actúan como prevención ante posibles cambios degenerativos.
<ul style="list-style-type: none">• Tras un entrenamiento intensivo y de larga duración de la CC se produce el fortalecimiento de las estructuras pasivas como los ligamentos, las superficies cartilaginosas, las cápsulas, los anillos fibrosos y la arquitectura de la esponjosa.
<ul style="list-style-type: none">• Equilibrio ante el mantenimiento prolongado de una misma postura:<ul style="list-style-type: none">– Por las cargas que experimentamos cotidianamente (trabajo en el ordenador, mirar la televisión, conducir, etc. que requieren mantener una postura constante de la cabeza)– Para todos los deportistas que trabajen durante mucho tiempo en una postura fija como el ciclista o el nadador de braza (aumento de la lordosis)
<ul style="list-style-type: none">• Aceleración del proceso de rehabilitación de las afecciones de la CC, por ej. tras sufrir un latigazo cervical

especiales –deporte, problemas cotidianos, rehabilitación y prevención– puede elegir más ejercicios de su cartera de ejercicios. Los ejercicios dirigidos al trapecio (porción superior) y al elevador de la escápula, como elevaciones/descensos o los tirones altos del trapecio, serán presentados en una futura publicación en el contexto del entrenamiento de la cintura escapular.

Antes de entrar a ocuparnos de las técnicas específicas de los ejercicios definiremos brevemente dos puntos de orientación en el cuerpo que nos permiti-

rán controlar mejor el ejercicio y los ejes de rotación.

5.4 Puntos de orientación en el cuerpo

Para la localización de la zona de la CC y de los ejes de rotación superior (C0/C1) e inferior (C7/T1) tomamos el atlas y la séptima vértebra cervical (prominente) como puntos de orientación. Para la realización de los ejercicios el entrenador debe fijar la cintura escapular y la CC inferior manualmente y establecer también manualmente la resistencia

Tabla D-21 Consecuencias que hay que aplicar en la vida cotidiana para conseguir una CC funcional

Normas de comportamiento de la CC en la vida cotidiana
1. Evitar adoptar posturas estáticas de la cabeza que se sitúen fuera del eje de equilibrio durante mucho rato. Adapte su puesto de trabajo de forma que la posición en sedestación y los aparatos que utilice estén adaptados
2. Evitar cargas en extensión de la CC
3. Interrumpir las actividades que suponen inmovilidad para la CC como mínimo 1 vez cada hora para realizar los siguientes ejercicios durante 20-30 segundos: <ul style="list-style-type: none">• Dirigir la mirada completamente hacia arriba y completamente hacia abajo dos veces seguidas• Mirar una vez completamente hacia la izquierda y hacia la derecha• Acercar la oreja derecha lentamente una vez hacia el hombro derecho y después viceversa con la izquierda.
4. Cuando esté tendido sobre la espalda no utilice cojines altos para evitar que se produzca una constante flexión de la CC (los cojines altos tienen sentido cuando estamos estirados de lado)
5. Párese a observar la posición de su cabeza durante el día cuando esté sentado o estirado. ¿Está recta y extendida hacia arriba o está hundida, desplazada hacia delante en hiperlordosis? ¡Corríjase usted mismo! Cuanto más a menudo reconozca y corrija estas posturas incorrectas, más rápidamente conseguirá eliminar estos patrones posturales para siempre.
6. Entrenar un corsé muscular diferenciado para el conjunto de la región cuello/nuca. Practique un entrenamiento del cuello mínimo 2 veces por semana durante 6 minutos (por ej. 2 series de extensión de la CC, 2 series de flexión de la CC y 1 serie de rotación de la CC)

adecuada para el ejercicio. Para hacer esto, se requiere cierta sensibilidad para el contacto corporal.

Atlas(C1) – posición/CC superior – eje de rotación C0/C1

El eje de rotación más craneal (superior) de flexoextensión está situado en el segmento C0/C1 a la altura de las dos articulaciones atlantooccipitales. Puesto que el segundo segmento vertebral C1/C2 no puede realizar unos movimientos de flexoextensión significativos, para los movimientos de flexoextensión se toma el eje de rotación de C0/C1 como eje de referencia. Para localizarlo rápidamente se puede utilizar la línea de unión

entre las dos apófisis mastoides en la cabeza.

Si coloca los dedos justo detrás de los lóbulos de la oreja, podrá palpar las apófisis mastoides (apófisis de los temporales), de las que se origina una haz fibroso del esternocleidomastoideo. Directamente delante de la mastoides (entre la mastoides y el maxilar inferior) podrá palpar las apófisis transversas de la primera vértebra cervical (atlas), efectuando cierta presión y en profundidad (debe palparlo sólo en usted, pues esta región es muy sensible). Trace una línea imaginaria entre las dos mastoides y situará el eje de rotación de C0/C1, justo por delante de la línea de unión (figura D-127).

Tabla D-22 Diez condiciones para el entrenamiento muscular diferenciado de la CC

Condiciones para el entrenamiento diferenciado de la CC	
1.	Antes de iniciar el entrenamiento de los músculos del cuello y de la nuca preparar bien la CC realizando suaves movimientos en las tres direcciones . Ej.: de pie o sentado efectuar movimientos lentos de la CC, entre los cuales: 10 repeticiones de flexión y extensión (conjunto de la CC) 5 repeticiones de rotación derecha/izquierda y 1 breve estiramiento del trapecio superior
2.	Como siempre, debe evitar todo impulso durante la realización de los movimientos. Debe realizar los movimientos de forma especialmente lenta .
3.	Aumentar muy lentamente las resistencias de los ejercicios . Deje que las estructuras pasivas dispongan del suficiente tiempo de adaptación.
4.	Si utiliza masas , debe procurar que las inercias sean pequeñas , es decir, que la masa utilizada se mueva muy poco (utilizar por ej. máquinas de tracción solamente con una o más poleas sueltas, ver principio EF 7).
5.	Realizar ejercicios de flexión/extensión en dos ejes de rotación o practicar el enrollamiento completo de todos los ejes de rotación de la CC.
6.	Realizar movimientos de inclinación lateral alrededor de un solo eje a la altura de la CC media (C4/C5) (puesto que la CC superior prácticamente no tiene movilidad).
7.	No se puede evitar las cargas de empuje sobre la CC ni en el entrenamiento ni en la vida cotidiana. Pero por razones biomecánicas se debe procurar que no se produzcan cargas de empuje muy altas cuando la protección muscular –por ej. en posiciones forzadas– no actúe (riesgo de estrechamiento del conducto vertebral).
8.	Si el practicante tiene dolor, tensiones en la nuca o en el cuello o la presión arterial alta, practique primero varias veces los ejercicios del número 1). Si durante la realización de este ejercicio no aparece dolor, empiece ahora con el ejercicio de extensión del cuello tendido (ver cap. D 5.5.1a).
9.	Debe interrumpir la realización de cualquier ejercicio siempre que se presente una sensación de malestar, de mareo o de dolor . Si este tipo de síntomas aparecen durante la realización de más de un ejercicio, consulte a un médico.
10.	Si ha sufrido lesiones agudas de la CC , no podrá entrenar ésta o sólo podrá hacerlo bajo control médico. Si en cambio hace mucho tiempo que sufrió una lesión o padece dolor crónico en el cuello o en la nuca , el entrenamiento muscular diferenciado está muy aconsejado siempre que tenga en cuenta las indicaciones para los ejercicios y los principios para el entrenamiento de fuerza.

Vértebra prominente (C7) – Posición/ Eje de rotación inferior de la CC C7/T1

Contrariamente a lo que ocurre con las vértebras de C3 a C5 o C6, muy difíciles de palpar, la **apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical** por enci-

ma de la cintura escapular es de fácil palpación (de aquí el nombre de vértebra prominente). El practicante debe flexionar la CC hacia delante. Si aparecen dos apófisis espinosas sobresalientes situadas una encima de la otra por encima de

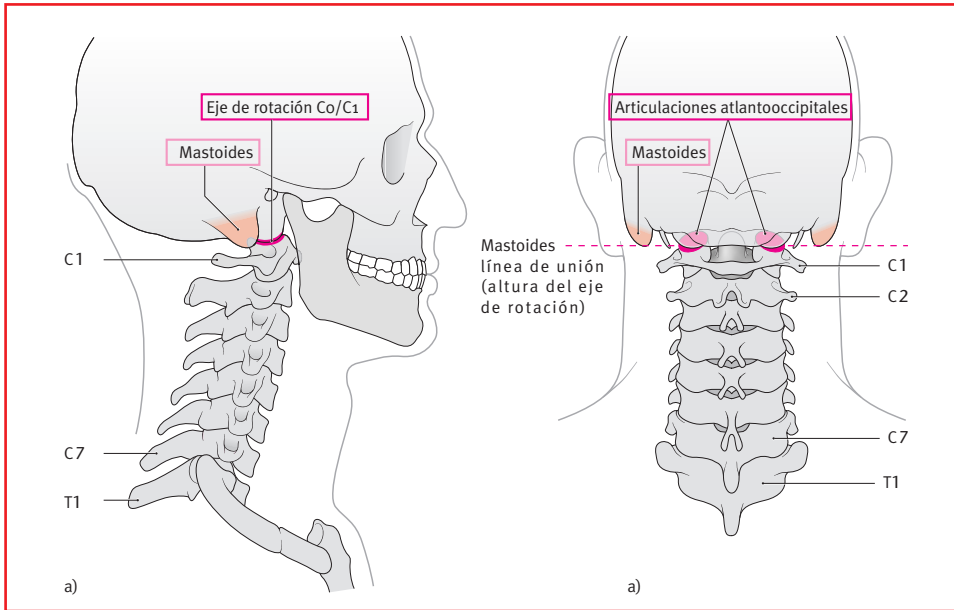


Figura D-127 Determinación de la posición del eje de rotación más craneal C0/C1
a) Eje de rotación C0/C1 desde lateral b) Situación del eje de rotación desde dorsal

la cintura escapular, debe saber que la superior es C7 y la inferior T1 (primera vértebra torácica). Si, estando en posición erguida, traza una línea imaginaria horizontal que discorra entre las dos apófisis espinosas de C7 y T1 y otra línea vertical desde la mastoides hacia el suelo, localizará el **eje de rotación de C7/T1** en el punto de intersección de ambas líneas.

Durante la realización de un entrenamiento funcional de la CC se debe mover completamente todos los segmentos comprendidos hasta C7/T1. Los ejes de rotación de la CC se sitúan entre C0/C1 y C7/T1, y debemos considerar de 2 a 3 cm por segmento. El eje de rotación del segmento C4/C5 queda situado unos 5 a 7 cm

por encima de la apófisis espinosa de C7. No es posible determinar con precisión milimétrica la situación de estos ejes durante el entrenamiento; es suficiente el ajuste de un segmento vertebral por encima o por debajo de las fronteras de C0/C1 y C7/T1.

5.5 Entrenamiento de los músculos de la CC

Los ejercicios de entrenamiento de la fuerza de la CC se dividen en cinco tipos:

- Ejercicios de extensión
- Ejercicios de flexión
- Ejercicios de flexión lateral
- Ejercicios de rotación y
- Ejercicios combinados

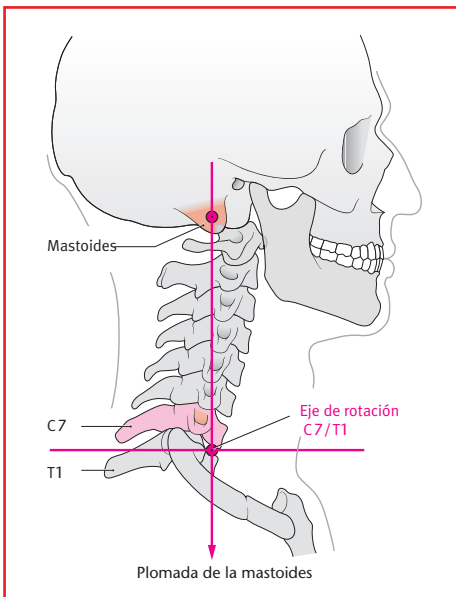


Figura D-128a + b Determinación de la posición de los ejes de rotación más caudales de la CC C7/T1
a) Apófisis espinosa de la vértebra prominente C7 y T1
b) Eje de rotación de C7/T1 como punto de intersección de la plomada de la mastoide y la horizontal entre las apófisis espinosas de C7/T1.

1. Ejercicios de extensión de la CC

Para trabajar funcionalmente los músculos extensores de la CC y aportar los estímulos de formación fisiológicos, es necesario entrenar con movimientos de extensión alrededor de todos los ejes de rotación de la CC con grandes amplitudes del movimiento. Para hacerlo, tenemos dos métodos a disposición que no provocan cargas –como ocurría con el entrenamiento de los extensores del tronco–. Por un lado, se puede efectuar movimientos de enrollamiento desde el eje de rotación inferior hasta el superior. Por otro lado, se puede llevar a cabo movimientos de extensión alrede-

dor de ejes de rotación definidos; en este caso es posible entrenar aisladamente un segmento vertebral determinado. En estos casos es posible realizar movimientos de extensión alrededor de dos ejes de rotación de referencia: el primero está situado en la CC superior (C0/C1) y el segundo en la CC inferior a nivel de C4/C5.

1a) Ejercicios libres de extensión del cuello

Para que el peso de la cabeza pueda actuar como resistencia de entrenamiento, hay que “girar” 90° la dirección de la fuerza de la gravedad, es decir, el ejerci-

cio se puede realizar desde la posición tumbado boca abajo (extensión del cuello) o desde una posición de flexión previa (ver segundo ejercicio). Si nos colocamos en posición sentada o de pie, necesitaremos resistencias adicionales (ver tercer ejercicio con resistencia producida por uno mismo y cuarto ejercicio con el peso del cuerpo). Los tres primeros ejercicios son fáciles de practicar, muy efectivos y se los puede realizar en cualquier parte y en cualquier momento.

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- El conjunto de los extensores de la CC, incluidos los músculos profundos cortos de la nuca (posterior).

Sinergistas

- Trapecio, porción superior
- Elevador de la escápula

Estabilizadores

- El primer ejercicio no necesita estabilización muscular (como la posición tumbado es muy estable, el flujo de fuerzas queda cerrado directamente en la parte superior de la caja torácica). En los ejercicios segundo a cuarto la estabilización está a cargo del erector de la columna.

Primer ejercicio: Extensión del cuello tumbado



Grado de dificultad: muy fácil (1)



Figuras D-129a+b Extensión del cuello tumbado; CC superior

a) Posición inicial

b) Posición final



Figura D-130a + b Extensión del cuello tumbado; CC inferior
a) Posición inicial
b) Posición final

Realización del ejercicio

Posición

- Colóquese tumbado boca abajo sobre un banco plano de forma que los brazos cuelguen libremente a los lados y que la cabeza pueda moverse libremente hacia abajo. El conjunto de la caja torácica con la clavícula incluida reposa cómodamente sobre la superficie de apoyo.
- Si quiere limitar la fase de flexión de la CC, se puede colocar un poco más atrás en el banco de manera que el maxilar inferior quede situado sobre el banco antes de que la CC se haya podido flexionar. Esta posición de partida se puede limitar o ajustar mediante pequeñas variaciones de la posición en el banco.

Realización

El levantamiento de la cabeza se efectúa lenta y regularmente con **tres tipos de movimientos de extensión diferentes**:

1. Extensión de la **CC superior** (fig. D-129). Coloque el cuello en una posición media y realice pequeños movimientos de “asentamiento” moviendo las articulaciones de la cabeza (dos articulaciones superiores). El movimiento principal se realiza en C0/C1, pero también se entrena intencionadamente la musculatura profunda de la nuca.
2. Extensión de la **CC inferior** (fig D-130). En este caso lleve la totalidad del cuello hacia atrás (mucho más amplitud que para la CC superior) y



Figura D-131a-c Extensión del cuello tendido: movimiento de enroscamiento desde abajo hacia arriba

a) Posición inicial

b) Segunda posición

realice el movimiento de extensión alrededor del eje de rotación en los segmentos vertebrales medio e inferior (especialmente aconsejado en personas con marcada lordosis cervical).

3. **Movimiento de enroscamiento completo del conjunto de la CC** (figura D-131). Aquí debe realizar un amplio movimiento de extensión en todos los segmentos vertebrales. En la posición de extensión máxima se produce una posición forzada, pues el momento de rotación del peso de la cabeza actúa en sentido contrario y, cuando los músculos están agotados se deshace el movimiento (ver cap. D 3.2c).

– *Variante 1:*

Empiece con el movimiento de rotación inferior llevando primero la CC inferior hacia atrás y enrollán-

dose a continuación hacia arriba hasta que la cabeza quede completamente enderezada y la CC se extienda al máximo (igual que ocurría en el ejercicio de hiperextensión, cap. D 3.6a).

– *Variante 2:*

En este ejercicio puede guiar el movimiento de enroscamiento cranealmente levantando primero la cabeza (extensión en C0/C1) y llevando sistemáticamente la cabeza hacia arriba al tiempo que el eje de rotación se desplaza hacia caudal.

La cabeza vuelve lentamente a su posición inicial hasta la postura libre o hasta el borde limitador del movimiento. Llegado a este punto, no debe apoyar la cabeza, sino empezar suavemente de nuevo la elevación.



c) Posición final

Aumento de la resistencia (fig. D-132)

- Si el peso de la cabeza (5-6 kg aprox. en una persona con 75 kg de peso) ya no es suficiente como resistencia, podemos aumentarla de forma relativamente fácil colocando pesos. Puede utilizar por ej. discos de haltera a partir de 1,5 kg de peso; más tarde, pesos de 2,5 kg, etc. El practicante debe sostener el disco con las dos manos durante la realización del movimiento. Si la presión de los discos sobre la cabeza es desagradable (con grandes pesos), puede colocar una toalla entre el peso y la cabeza.
- Es ideal utilizar un cabezal. Éste se puede adaptar a la forma de la cabeza con cierres ajustables y dispone de



Figura D-132a + b Ejercicio de extensión del cuello tumbado con aumento de la resistencia
a) Disco de peso



b) Cabezal

una cadena en la que se puede insertar pesos. Si utilizamos un cabezal, se debe colocar el banco a cierta altura o también se puede utilizar un banco ligeramente inclinado.

- No es muy aconsejable aumentar la resistencia mediante una cinta de goma, pero, si lo hace, debe sostener la cinta de goma en el suelo delante suyo, en el punto medio y colocar los dos extremos en el occipital. Los inconvenientes que presenta este ejercicio son, por un lado, el hecho de que el ejercicio presenta dificultad sólo en la última fase de extensión y que hay que sostener la goma con las dos manos para que no se escape.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe controlar que el practicante no mueva la cintura



Figura D-133 Fijación de la cintura escapular efectuada por el entrenador en el ejercicio de extensión del cuello tumbado

escapular y que el movimiento sea regular y sin impulso. Si se mueve la cintura escapular, debe fijarla ejerciendo una ligera presión desde arriba.

- Como **practicante** debe procurar levantar y descender la cabeza lentamente y realizar el movimiento exclusivamente con el cuello.

Segundo ejercicio: Extensión del cuello en sedestación o en bipedestación (fig. D-134)



Grado de dificultad: fácil (2)

Este ejercicio es realizable de pie o en sedestación. Se puede integrar dentro de un entrenamiento completo de la fuerza o en las actividades de la vida cotidiana cuando estamos fuera, en las pausas cuando estamos conduciendo, en el trabajo, mientras leemos o estamos mirando la televisión, etc.

- Para realizar el ejercicio en sedestación, coloque la columna recta e inclínese unos 40-50° hacia delante con la parte superior del cuerpo.
- Si realiza el ejercicio en bipedestación, colóquese con los pies separados la altura de los hombros y adopte la misma postura inclinada hacia delante.
- Gracias a esta posición de inclinación hacia delante se garantiza que la resistencia de entrenamiento sea suficiente y se evita que se produzca una posición forzada en la posición de máxima extensión de la CC (ver argumentación



Figura D-135a + b Extensión del cuello con resistencia ejercida por uno mismo
a) Posición inicial
b) Posición final

- Con los dedos empuje lo suficientemente fuerte como para ejercer la resistencia deseada. En esta posición debe llegar a la posición de máxima extensión (sin posición forzada) manteniendo la presión de los dedos en todo momento.
- Cuando realice el movimiento hacia delante reduzca esta resistencia a la mitad. También puede llegar hasta la posición de flexión máxima, pero en este caso debe reducir la resistencia aplicada hasta prácticamente cero. Al empezar a empujar de nuevo no debe aplicar la resistencia máxima hasta que no haya recorrido un mínimo de 10-20° después de dejar la posición de flexión.

Cuarto ejercicio: extensión del cuello empujando contra la pared (fig. D-136)



Grado de dificultad: medio (3)

Esta variante del ejercicio no ofrece amplitud articular, pero es adecuada para deportistas como los luchadores, que a veces deben absorber el peso de su cuerpo con la musculatura de la nuca. En el próximo paso del entrenamiento presentamos ejercicios de presión de la nuca contra el suelo.

- El practicante está de pie y ligeramente inclinado apoyado en la pared.
- Desde una posición de ligera flexión de la CC empuja con la cabeza contra la pared al tiempo que extiende la



Figura D-136a + b Extensión del cuello empujando con la cabeza contra la pared
a) Posición inicial
b) Posición final

CC, es decir, empuja el occipital en la pared hacia abajo y orienta la cara hacia arriba (sensación de presión en el occipital).

- Al realizar el movimiento de regreso desliza de nuevo el occipital hacia arriba y acerca de nuevo el cuerpo hacia la pared.
- La resistencia del ejercicio depende del ángulo de reclinación del cuerpo en la pared cuanto mayor sea el ángulo mayor será la resistencia.

Observaciones

¿Representa la hernia discal una contraindicación?

Si se ha producido una hernia discal en la CC inferior (normalmente en la zona de C6/C7), son válidas las mismas indicaciones biomecánicas expuestas para el caso de una hernia discal en la CL (ver cap. D 3.2). En este caso, pues, debe tener en cuenta la limitación de la

flexión máxima de la CC (posición inicial).

- En el ejercicio de extensión del cuello tumbado el maxilar inferior debía apoyarse sobre el banco para no alcanzar una flexión problemática.
- En el ejercicio con resistencia ejercida por uno mismo el movimiento parte de la posición neutra.
- El ejercicio de empuje contra la pared con el peso del cuerpo debe dejarse completamente de lado.
- Para los ejercicios en máquinas uniaarticulares de la CC se debe limitar los movimientos en la fase de flexión.
- No se aconseja utilizar máquinas de tracción de poleas ni pesos libres al inicio del entrenamiento de la CC.

Si se encuentra en un estadio agudo de la hernia discal, debe hablar con su médico antes de iniciar el entrenamien-

to. Evidentemente, en estos casos es muy probable que haya que evitar el entrenamiento o realizarlo con mucha prudencia. Pero, si pensamos en la vida cotidiana nos daremos cuenta de que sólo el peso de la cabeza (ver antes) representa ya una resistencia considerable –además de la posición que adopte, del movimiento y de la velocidad– ¿Está usted preparado para afrontarla?

Movimientos lineales de la cabeza

No se aconseja realizar movimientos lineales de la cabeza contra resistencia, pues se puede crear posiciones forzadas en la CC superior debido a la carga ventral de compresión y cargas de empuje difíciles de compensar. Los movimientos lineales de la cabeza sin resistencia, es decir, en posición erguida y sin la acción de fuerzas externas, se pueden practicar sencillamente como movilización.

1b) Extensión de la CC en el aparato de tracción de poleas

Para llevar a cabo este ejercicio se necesita un aparato de tracción de poleas que disponga de un mínimo de una polea suelta y un cabezal para la cabeza o un manguito o cincha. El cabezal ha de estar hecho de un material blando y agradable, disponer de una o dos anillas de acero integradas (fijación de las resistencias) y estar equipado con cierres de velcro que permitan adaptarlo a la forma de cada cabeza. Si no dispone de un cabezal puede utilizar también una cincha o manguito ancho que colocará alrededor de la cabeza y cuyos extremos serán sujetados

a la resistencia. Una cincha de este tipo debe ser fijada con ambas manos en la cabeza durante la realización del ejercicio para que no se deslice.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- El conjunto de los extensores de la CC, incluidos los músculos cortos profundos de la nuca (posterior).

Sinergistas

- Trapecio, porción superior
- Elevador de la escápula.

Estabilizadores

- Erector de la columna
- Cadena extensora de la cadera y la rodilla (cuando se realiza en bipedestación).

Realización del ejercicio: cabezal con el aparato de tracción de poleas (fig. D-137)

Posición

Adapte primero el cabezal a la forma de su cabeza.

Una la anilla de acero de su cabezal o de la cincha utilizada con un mosquetón a la parte inferior del aparato de tracción. Si dicho aparato es ajustable (¡ideal!), debe fijar la polea a la altura de la rodilla o del abdomen según la posición del cuerpo. Utilice solamente aparatos de tracción de poleas con el principio de “poleas sueltas”; debe disponer como mínimo de una polea suelta, y mejor si dispone de dos o tres.



Figuras D-137a + b Extensión de la CC con cabezal en el aparato de tracción de poleas
a) Posición inicial
b) Final del movimiento

Desde el momento de la sujeción hasta que adopte la posición definitiva del ejercicio debe sujetar el peso con una mano; no deje que sea la CC la que cargue con él. Cuando ya esté listo para empezar el ejercicio, puede aguantar progresivamente la resistencia con la CC.

Colóquese de pie con los pies separados la altura de los hombros, las rodillas ligeramente flexionadas, los glúteos contraídos y la parte superior del cuerpo ligeramente inclinada hacia delante (unos 10-20° respecto a la vertical). La columna mantiene sus curvaturas fisiológicas.



c) Limitación de la fase de flexión

Realización

- En el aparato de tracción de poleas se puede entrenar especialmente bien la extensión de la CC inferior. Empuje el cuello contra resistencia de forma lenta y regular hasta alcanzar la extensión máxima de la CC; la cabeza se mueve hacia atrás/arriba (el eje de rotación del cuerpo está situado en la zona de la CC inferior).
- El movimiento de regreso de la cabeza hacia delante se hace como siempre lentamente.
- Mientras se realiza el ejercicio es necesario y muy útil sujetar los extremos laterales del cabezal o de la cincha con ambas manos para que no resbalen ni rocen la piel.
- Al final del ejercicio, con la cabeza en posición media, cargue de nuevo el peso en sus manos y resítúe el peso en la posición de partida.
- En principio aquí se puede realizar **dos movimientos de extensión más**, si bien son un poco más difíciles. En ambos casos debe elegir pesos pequeños:
 1. Puede realizar la extensión en las articulaciones de la **CC superior**, en C3/C4 aprox. (movimientos cortos alrededor del eje de rotación de referencia superior), para ejercitar intencionadamente, entre otros, los músculos profundos de la nuca. de
 2. También se puede efectuar un **movimiento de enrollamiento** completo para toda la CC. Empiece con el movimiento de rotación inferior desplazando la CC inferior

hacia atrás, y comience luego a enrollarse hacia arriba sistemáticamente hasta que la cabeza quede extendida al máximo.

Control de ejercicio

Como **entrenador** y como **practicante** debe procurar que el movimiento se lleve a cabo lentamente y sin impulso, sin implicación de la cintura escapular ni de la CT, que se realice simétricamente (autocontrol en el espejo), que la cadena del cabezal se mueva correctamente y que la posición de flexión quede limitada.

Observaciones

Posición inicial

La posición inicial se debe limitar de manera que se evite la posición de flexión máxima de la CC. Esto se consigue ajustando la altura del aparato de tracción: cuanto más alta se sitúe la cuerda de tracción, mayor será la limitación de la fase de flexión (ver fig. D-137c). Por otro lado también puede limitarla inclinando más la parte superior del cuerpo; cuanto más inclinación hacia delante, más limitación.

La extensión máxima de la CC no es nada crítica en un ejercicio como el descrito (no hay posición forzada).

Contraindicación por hernia discal

Ante la presencia de una hernia discal en la CC se debe tener en cuenta las limitaciones del movimiento y la utilización de resistencias muy pequeñas. En los dos primeros meses de entrenamiento se realizarán sólo ejercicios muy simples como el

de extensión del cuello en posición tumbado o los de extensión en la máquina.

Variante: Tracción de pesos libres con el cabezal (fig. D-138)



Grado de dificultad: difícil (4)

En lugar de utilizar pesos insertados en la máquina de poleas, también puede utilizar discos de haltera libres como resistencia de entrenamiento.

- Se utiliza una cinta o una cadena de acero para introducir en el orificio del disco y los dos extremos de sujetan al mosquetón del cabezal.

- La realización del ejercicio y la posición son iguales que para el ejercicio en el aparato de tracción. Debe procurar que el peso no empiece a oscilar.
- El ángulo de inclinación anterior de la parte superior del cuerpo ha de ser unos 60°; si no, debe mantener la misma postura que en el ejercicio anterior.

1c) Máquina de extensión de la CC

Contrariamente a lo que ocurría en los ejercicios de la CC descritos, en las máquinas de extensión uniaarticulares se puede realizar un entrenamiento aislado alrededor de un eje de rotación o de una región de ejes de rotación muy delimitada.



Figuras D-138a + b Extensión de la CC con cabezal y peso libre

a) Posición inicial

b) Posición final



Figura D-139 Ajuste de los ejes de rotación en la máquina de extensión de la CC (ej. C0/C1)

Si su máquina dispone de las condiciones mínimas exigidas para un aparato de este tipo: asiento regulable en altura y limitador de movimientos ajustable, podrá aplicar estímulos de entrenamiento muy bien dosificados sin provocar cargas perjudiciales. El ajuste de los ejes de rotación se puede hacer ente C0/C1 y C6/C7.



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- El conjunto de los extensores de la CC, incluidos los músculos profundos cortos de la nuca (posterior).

Sinergistas

- Trapecio, porción superior
- Elevador de la escápula

Estabilizadores

- Estabilizadores de la cintura escapular (en máquinas sin soporte para el pecho)
- Erector de la columna

Realización del ejercicio

Posición

- **Ejes corporales:** Para el correcto posicionamiento del cuerpo debe decidir qué segmento vertebral quiere entrenar:
 - **CC superior:** situar el eje de rotación de referencia en C0/C1
 - **CC inferior:** en un ejercicio situar el eje de rotación de referencia en C4/C5 y, si se practican dos ejercicios situar el primer eje en C3/C4 y el segundo en C6/C7
- Si no quiere entrenar un segmento vertebral en particular, debe variar el ajuste de los ejes durante el entrenamiento o durante un período de entrenamiento prolongado para abarcar sistemáticamente todos los segmentos.
- **Ajuste de los ejes de rotación en la máquina:** coloque el asiento ajustable de forma que, estando en posición de sedestación erguida, el eje de rotación de relación del cuerpo se sitúa a la misma altura que el eje de rotación de la máquina.

Visto desde la horizontal procure que la mitad del cuello quede colocada a nivel del eje de la máquina. Si la

máquina dispone de un soporte para el pecho, también lo debe ajustar para que sea posible apoyar el pecho durante la realización del movimiento (ver cap. D 5.4).

- **Limitación del movimiento:** Ajuste el límite que desee del movimiento de flexión con el limitador de movimiento de la máquina. Si quiere practicar secuencias de movimiento de poca amplitud, puede limitar también la extensión de la CC. Si la máquina no dispone de un limitador de movimiento, será usted mismo el que deba limitar la posición de flexión correcta.
- La **posición de sedestación** debe ser simétrica y erguida.

Realización

- Para empezar con el ejercicio empuje el soporte de la cabeza lentamente hacia atrás, extienda la CC tan lejos como pueda y mueva la cabeza lentamente de nuevo hacia delante hasta la posición de flexión deseada.
- Procure no realizar movimientos con el tronco durante el movimiento; la CL y la CT se deben mantener estables.
- Tras los últimos movimientos de extensión coloque la cabeza en posición erguida y, manteniendo esta posición, deje lentamente el peso. Desplácese con su cuerpo hacia delante (de esta forma evitará producir grandes cargas al dejar el peso).

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe procurar que

se mantengan los ejes de rotación y que el tronco permanezca inmóvil. Controle si la cabeza resbala dentro de su soporte; si efectivamente es así, es posible que la cabeza no esté bien colocada o que el movimiento de extensión se esté realizando con otros segmentos vertebrales de la CC. Debe corregir la posición o enseñar al practicante a activar los segmentos correctos.

- Como **practicante** debe procurar mantener siempre la posición erguida. Realice el movimiento lentamente. Sienta el soporte para la cabeza en el occipital. Si durante el movimiento resbala, debe variar la disposición de la máquina hasta que permanezca fijado.

Observaciones

Como ya hemos dicho, la máquina debe disponer de un asiento ajustable, de forma que todos los participantes puedan adaptarse los ejes desde C0/C1 hasta C6/C7. También se necesita un limitador de movimiento para limitar los movimientos iniciales y finales. La inercia de la masa de la resistencia ha de ser pequeña, y esto se consigue organizando la mecánica de la máquina de forma que el peso insertado experimente una altura de elevación muy pequeña durante el movimiento. Por lo demás, los soportes de la cabeza y del pecho son cuestión de gusto.

Una máquina que disponga de este equipamiento puede ser muy útil para cualquier tipo de participante, desde el deportista hasta el que sigue un proceso de rehabilitación.



Figuras D-140a–d Realización del ejercicio de la máquina de extensión de la CVC

a) Altura del eje de rotación C4/C5,
posición inicial

b) Posición final



c) Altura del eje de rotación C0/C1,
posición inicial

d) Posición final



Figura D-141 El entrenador comprueba la congruencia del eje de rotación en la máquina de extensión de la CC

2. Ejercicios de flexión de la CC

Para los ejercicios de flexión de la CC son válidas las mismas indicaciones dadas para los ejercicios de extensión de la CC ya descritos.

2a) Ejercicios libres de flexión de la CC

Estos ejercicios se pueden realizar solos, en cualquier lugar y sin ningún tipo de material.

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Esternocleidomastoideo, escalenos y largo del cuello
- Largo de la cabeza y recto de la cabeza (cuando la posición es para el eje de rotación de la CC superior)

Sinergistas

- Musculatura infra y suprahiodea (con la boca cerrada)

Primer ejercicio: flexión del cuello en posición tumbado



Grado de dificultad: fácil (2)

Realización del ejercicio

Posición

- Colóquese de espaldas sobre un banco plano de forma que la cabeza se pueda mover libremente hacia abajo. Todo el tronco y la cintura escapular estarán completamente apoyados cómodamente sobre la superficie de apoyo.
- Si quiere limitar la extensión de la CC, debe colocarse un poco más lejos en la dirección de los pies, de forma que una parte de la región occipital quede colocada sobre el banco antes de que la CC se extienda más allá de la amplitud deseada. Modificando levemente la posición sobre el banco se puede ajustar o limitar la posición inicial.

Realización

- El ejercicio se debe realizar lenta y regularmente.
- Se puede realizar **tres tipos de movimientos de flexión:**
 1. Flexión de la CC superior:
Coloque el cuello en una posición intermedia y realice breves “movimientos de asentamiento” por el



Figuras D- 142a-c Flexión del cuello en posición tumbado (movimiento de enrollamiento)
a) Posición inicial



b) Segunda posición



c) Posición final

movimiento de las articulaciones de la cabeza. El movimiento principal se hace en C0/C1, aunque también se ejercitan los flexores del cuello (especialmente aconsejado para personas con una marcada lordosis cervical).

2. Flexión de la **CC inferior**:

En este caso debe llevar todo el cuello hacia delante y hacia arriba (mucho más amplitud que en el ejercicio anterior) y flexionar a través de los ejes de rotación de los segmentos medio e inferior del cuello.

3. **Movimiento de enrollamiento completo del conjunto de la CC** (fig. D-142):

Aquí debe efectuar un amplio movimiento de flexión en todos los segmentos vertebrales. Levante primero la cabeza y flexione a continuación la CC media e inferior al tiempo que desplaza la cabeza en dirección al pecho, hasta que toda la CC esté ampliamente flexionada (no es problemático porque no se crea una posición forzada, ver flexiones de tronco funcionales, cap. D 4.4a).

- Lleve la cabeza de nuevo lentamente hasta el borde limitador. Cuando llegue allí no debe apoyarla, sino empezar suavemente el movimiento de nuevo.

Variación de la resistencia

- Si en algunos casos raros el peso de la cabeza representara una resistencia demasiado importante, puede **reducir**

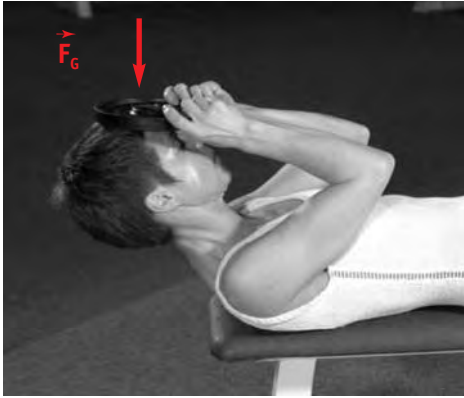


Figura D-143 Flexión del cuello en posición tumbado con disco

la **resistencia** realizando el ejercicio sobre un banco inclinado, lo que reduciría automáticamente el brazo de palanca actuante (el banco no puede estar inclinado a más de 30° respecto a la horizontal, porque existiría el riesgo de provocar una posición forzada en posición de flexión).

- Si, en cambio, el peso de la cabeza (5-6 kg en una persona de 75 kg de peso) no es suficiente como **resistencia de entrenamiento**, ésta se puede **augmentar** colocando un peso. Utilice **discos de halteras** a partir de 1,25 kg, más adelante de 2,5 kg, etc. El practicante debe sostener el disco con las manos durante el movimiento. Si la presión entre la frente y el disco fuera desagradable (con grandes pesos), puede colocar una toalla o un pequeño cojín entre las dos superficies.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe comprobar que la cintura escapular del practican-

te no se mueva y que el movimiento se realice de forma regular y sin impulso. Si se mueve la cintura escapular, la puede fijar efectuando una ligera presión.

- Como **practicante** debe procurar levantar y descender la cabeza lentamente y realizar el movimiento con el cuello. Si tiene sensación de mareo realice una pausa. Normalmente se puede eliminar la sensación de mareo cerrando los ojos durante el movimiento. Si la sensación de mareo aparece de nuevo en la siguiente serie, finalice el ejercicio.

Segundo ejercicio: flexión de la CC con resistencia producida por uno mismo

Este ejercicio se puede realizar en sedestación o en bipedestación. También puede ser integrado en el programa de entrenamiento de la fuerza o en las actividades de la vida cotidiana. En este caso, la resistencia efectuada con los dedos sustituye a la resistencia que ejerce la fuerza de la gravedad.



Grado de dificultad: medio (3)

Posición

- Para ejecutar el ejercicio debe colocarse sentado o de pie en posición erguida, la cabeza libre y el cuello relajado.
- Empuje ahora constantemente con los dedos de las dos manos en la frente e intente flexionar la CC contra resis-

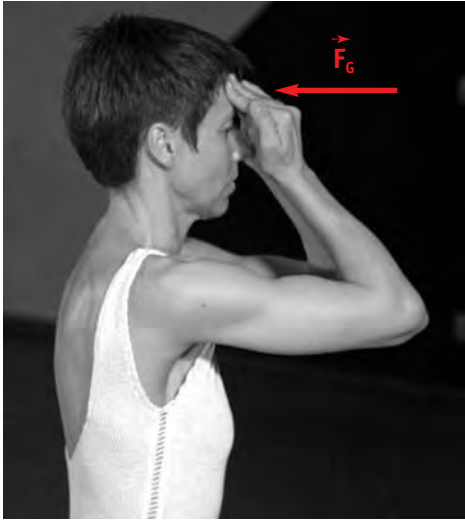


Figura D-144 Flexión de la CC con resistencia ejercida por uno mismo

tencia constante hacia delante y hacia abajo.

- Con los dedos debe empujar lo suficientemente fuerte como para ejercer la resistencia deseada. En esta posición tendría que llegar a la posición de máxima flexión (sin posición forzada) manteniendo constante la presión de los dedos en todo momento tanto durante la flexión como durante el movimiento de regreso.
- En la fase de extensión, a partir de la posición neutra, se debe reducir la resistencia ejercida por los dedos de forma que sea cero cuando se alcance la posición de máxima extensión. De este modo se evitará crear posiciones forzadas. Empiece a oponer resistencia de nuevo cuando comience el movimiento hacia delante, de manera que, cuando llegue a la posición neu-

tra, el valor de la resistencia sea igual que el inicial.

- Los dedos deben ejercer la resistencia de forma que todos empujen la frente perpendicularmente.
- Si como entrenador es usted quien ejerce la resistencia o quien quiere comprobar que el practicante la ejerza correctamente, debe trabajar con mucha sensibilidad y poseer muy buena motricidad fina. Es importante que domine perfectamente el ejercicio.

2b) Ejercicios de flexión de la CC en el aparato de tracción de poleas

Como en el ejercicio de “extensión de la CC en el aparato de tracción de poleas” también se necesita un aparato que disponga de al menos una polea suelta (mejor dos o tres) y un cabezal, o una cincha o manguito. Éste es el ejercicio ideal para el fortalecimiento de los flexores del cuello sin posiciones forzadas y para la movilización de la CC en el plano sagital.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Esternocleidomastoideo, escalenos y largo del cuello
- Largo del cuello y recto de la cabeza (cuando el eje de rotación es en la CC superior).

Sinergistas

- Musculatura infra e suprahioidea (con la mandíbula cerrada).

Estabilizadores

- Musculatura del tronco (especialmente los músculos abdominales)
- Cadena extensora de la cadera y la rodilla.

Realización del ejercicio

Posición

- Adapte primero el cabezal a la forma de su cabeza.
- Una la anilla de acero posterior de su cabezal o la cincha utilizada con un mosquetón con la polea superior del aparato de tracción. Si dicho aparato es ajustable (mucho mejor) elija el nivel de la cabeza. Utilice solamente aparatos de tracción de poleas con el principio de “poleas sueltas”; debe disponer como mínimo de una polea suelta, y mejor si dispone de dos o tres.
- Desde el momento de la sujeción hasta que adopte la posición definitiva del ejercicio debe sostener el peso con una mano, no deje que sea ya la CC la que cargue con él. Cuando ya esté listo para empezar con el ejercicio puede coger progresivamente la resistencia con la CC.
- Colóquese de pie con los pies separados la altura de los hombros de espaldas al aparato, las rodillas ligeramente flexionadas, los glúteos contraídos, la parte superior del cuerpo ligeramente inclinada hacia delante (unos 20°), la columna mantiene sus curvaturas fisiológicas.

Realización

- Flexione la cabeza contra la resisten-

cia de forma lenta y regular hacia delante y hacia abajo hasta llegar a la flexión máxima de la CC. Este ejercicio se puede realizar con **tres movimientos de flexión diferentes**:

1. Puede realizar movimientos de asentamiento en las articulaciones de la cabeza, en la **CC superior** (movimientos cortos a través del eje de rotación superior) para entrenar los flexores del cuello ventrales.
 2. Como ejercicio para la **CC inferior** flexione el cuello y realice la flexión alrededor de un nuevo eje.
 3. También se puede realizar un **movimiento de enrollamiento** completo de la CC. Empiece con el movimiento de rotación superior flexionando primero la cabeza (flexión de la CC superior) y a continuación el resto de los segmentos hasta que toda la CC esté flexionada.
- El regreso de la cabeza hacia atrás se hace lentamente.
 - Si el ejercicio se realiza con una cincha debemos sostenerla con ambas manos para evitar que resbale.
 - Al finalizar el ejercicio sitúese en posición intermedia para sacar el peso con la mano y colocarlo de nuevo en la posición inicial sin carga para la cabeza.

Control del ejercicio

Como **entrenador** y como **practicante** debe procurar realizar el movimiento lentamente y sin impulso, que sea simétrico (autocontrol a través del espejo) y que se limite la posición de extensión.



Figura D-145a+b Flexión de la CC con cabezal en el aparato de tracción de poleas
a) Posición inicial (con cincha)
b) Posición final (con cabezal)

Observaciones

Limitación del movimiento

Se debe limitar la posición inicial con el fin de evitar la máxima extensión de la CC. Se puede limitar ajustando la altura del aparato de tracción (cuanto más alta esté la cuerda de tracción mayor será la limitación de la fase de extensión) o con el enderezamiento de la parte superior del cuerpo.

Contraindicación: hernia discal

Si se ha producido una hernia discal en la CC, hay que limitar los movimien-

tos y aumentar las resistencias muy lentamente. En los dos primeros meses de entrenamiento se practicarán preferentemente ejercicios fáciles como la flexión del cuello en posición tumbado o en la máquina de flexión, limitando siempre la fase de flexión.

2c) Máquina de flexión de la CC

La máquina de flexión de la CC se utiliza para entrenar aisladamente los flexores de la CC. Como ocurría con el entrenamiento en la máquina de extensión, se necesita aquí también un asiento

de altura ajustable, un limitador de movimiento y un soporte blando para que el contacto en el rostro sea agradable.



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Esternocleidomastoideo, escalenos y largo del cuello
- Largo de la cabeza y recto de la cabeza (en el eje de rotación de la CVC superior)
- Musculatura infra y suprahiodea (con la mandíbula cerrada).

Estabilizadores

- Musculatura abdominal (si no hay respaldo).

Realización del ejercicio

Posición

- **Ejes corporales:** Para el correcto posicionamiento del cuerpo debe decidir qué segmento vertebral quiere entrenar:
 - **CC superior:** posicionar el eje de rotación de referencia en C0/C1
 - **CC inferior:** en un ejercicio situar el eje de rotación de referencia en C4/C5 y si se practican dos ejercicios situar el primer eje en C3/C4 y el segundo en C6/C7



Figura D-146a + b Máquina de flexión de la CC (eje de rotación ajustado a la altura de C4/C5)
a) Posición inicial
b) Posición final

- Si no quiere entrenar un segmento vertebral en particular, debe variar el ajuste de los ejes durante el entrenamiento o durante un período de entrenamiento prolongado para abarcar sistemáticamente todos los segmentos.
- **Ajuste de los ejes de rotación en la máquina:** Coloque el asiento ajustable de forma que, estando en posición de sedestación erguida, el eje de rotación de relación del cuerpo se sitúa a la misma altura que el eje de rotación de la máquina (ver fig. D-139). Visto desde la horizontal procure que la mitad del cuello quede colocada a nivel del eje de la máquina. Agárrese lateralmente con las manos para no mover el tronco durante el movimiento. Si la máquina dispone de un respaldo, ajústelo para que le sirva de fijación durante el movimiento.
- **Limitación del movimiento:** En correspondencia con los principios EF se debe limitar la posición de extensión máxima, pues se corre el riesgo de provocar una posición forzada. Limite esta posición unos 10° antes de la extensión máxima de la CC. La fase de flexión se puede efectuar sin límites. Si no se puede llegar al tope articular, limite también la flexión de la CC. Si se ha producido una hernia discal en esta zona, se debe limitar mucho la fase de flexión. Si la máquina no dispone de un limitador de movimiento, ha de ser usted mismo el encargado de limitarlo.
- La **posición de sedestación** debe ser simétrica y erguida.

Realización

- Para empezar el ejercicio empuje el soporte de la cabeza lentamente hacia delante, flexione la CC tanto como pueda y mueva la cabeza lentamente de nuevo hacia atrás hasta la posición de extensión deseada. Procure no realizar movimientos con el tronco durante el movimiento; hay que mantener estables la CL y la CT.
- Tras los últimos movimientos de flexión coloque la cabeza en posición erguida y, manteniendo esta posición, deje lentamente el peso. Desplácese con su cuerpo hacia atrás.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe procurar que se mantengan los ejes de rotación y que el tronco permanezca inmóvil. Controle si la cabeza resbala dentro de su soporte; si efectivamente es así, es posible que la cabeza no esté bien colocada o que el movimiento de flexión se esté realizando con otros segmentos vertebrales de la CC. Debe corregir la posición o enseñar al practicante a activar los segmentos correctos (como en la fig. D-141).
- Como **practicante** debe procurar mantener siempre la posición erguida. Realice el movimiento lentamente. Sienta el soporte para la cabeza en la frente y en la cara. Si durante el movimiento resbala, debe variar la disposición de la máquina hasta que permanezca fijado.

Observaciones

Ver las indicaciones dadas para la máquina de extensión. En este caso estaría bien disponer de un respaldo.

3. Ejercicios de inclinación lateral de la CC

Estos ejercicios también se pueden dividir en ejercicios libres, guiados y de eje de rotación fijo.

3a) Ejercicios libres de flexión lateral de la CC

Como ya hemos visto en la extensión y en la flexión de la CC, sin material alguno se puede realizar ejercicios libres que ya aporten estímulos relevantes para el entrenamiento de la fuerza de esta zona.

Primer ejercicio: flexión lateral de la CC en decúbito lateral



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Todas las porciones de los extensores ipsolaterales de la CC
- Todas las porciones de los flexores ipsolaterales de la CC.

Sinergistas

- Elevador de la escápula y trapecio superior (ipsolateral).

Estabilizadores

- Músculos del tronco en el ejercicio 2.

Realización del ejercicio

Posición

- Colóquese en decúbito lateral sobre un banco plano.
- El brazo inferior se coloca extendido de forma que la cabeza se pueda apoyar sobre el hombro.
- También es posible flexionar el brazo inferior o dejarlo delante del cuerpo flexionado y colocar una pequeña almohada debajo de la cabeza (limitación de la flexión lateral).
- El hombro superior señala perpendicularmente hacia el techo y forma un mismo plano con el hombro inferior.

Realización

- Levante lateralmente la cabeza tan alto como pueda.
- Debe mirarse en un espejo para controlar que el movimiento sea simétrico.
- Con la posición adoptada se evita perfectamente una posible posición forzada. Se aconseja llegar hasta el máximo de flexión por las razones ya expuestas.

Variación de las resistencias

- **Disminución de la resistencia sobre una superficie inclinada**

Si la resistencia del ejercicio anterior fuera demasiado importante, podría reducir el momento de rotación utilizando un banco inclinado. El ángulo de inclinación no debe ser superior a los 20-30° respecto a la horizontal, pues, si no deberíamos limitar el enderezamiento máximo.

- **Aumento de la resistencia con discos o con cintas de goma**

Para aumentar la resistencia colóquese un disco sobre la cabeza, por encima de la oreja. Para más comodidad puede colocar una pequeña toalla o acolchado entre las dos superficies. Sujete el disco lateralmente a la cabeza durante el movimiento y levántela sin reducir la carga. Empiece con un disco de 1,25 kg.

También se puede utilizar una cinta de goma. Para hacerlo, ha de fijar la goma como mínimo a 1 m de distancia

de la cabeza para que el desarrollo de la fuerza tenga un mínimo de regularidad. El aumento de la resistencia con disco es de más fácil aplicación.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe procurar que se mantenga estrictamente la posición lateral y la posición de ambos hombros.
- Como **practicante** mírese en el espejo para controlar la simetría del ejercicio. Debe verse el rostro durante todo el movimiento sin girar la cabeza.



Figuras D-147a + b Flexión lateral de la CC en decúbito lateral
a) Posición inicial



b) Posición final



Figura D-148 Flexión lateral de la CC en decúbito lateral con disco

Segundo ejercicio: flexión lateral con resistencia ejercida por uno mismo

Este ejercicio se puede realizar en cualquier parte, pues la resistencia es ejercida por uno mismo. Se puede practicar en sedestación o en bipedestación y la fuerza ejercida con los dedos sustituye en este caso la fuerza de la gravedad.



Grado de dificultad: medio (3)

Realización del ejercicio

Posición

- Para realizar el ejercicio, debe colocarse en sedestación o en bipedestación; la cabeza, libre; el cuello relajado.
- Para realizar un **movimiento de incli-**

nación lateral hacia la derecha, empuje con los **dedos de la mano derecha** contra la cabeza (por encima de las sienes). Se inclina la cabeza contra resistencia lo más posible a la derecha (sin posición forzada, manteniendo la presión con los dedos).

- La resistencia ejercida también continúa en la fase excéntrica. El movimiento de regreso es solamente hasta la posición neutra, unos 10° en la dirección contraria.
- El entrenamiento de la **inclinación lateral de la CC** se hace inversamente.
- La resistencia se debe ejercer de forma que la presión de los dedos permanezca siempre perpendicular a la parte lateral de la cabeza.



Figura D-149 Flexión lateral con resistencia ejercida por uno mismo (aquí la versión en posición tumbado)

3b) Flexión lateral de la CC en el aparato de tracción de poleas

Realice este ejercicio con una cincha cerrada de cómo mínimo 1 m de longitud. El aparato de tracción de poleas debe disponer como mínimo de una polea suelta y debe ser ajustable en altura.



Grado de dificultad: difícil (4)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Todas las porciones de los extensores de la CC ipsolaterales
- Todas las porciones de los flexores de la CC ipsolaterales

Sinergistas

- Elevador de la escápula y trapecio superior (ipsolateral)

Estabilizadores

- Músculos del tronco

Realización del ejercicio

Posición

- Coloque el mosquetón del aparato de tracción como mínimo a la altura de la cabeza, si la máquina lo permite; la altura ideal para no provocar cargas de compresión en la CC sería unos 10 a 20 cm por encima de la cabeza.
- Enrolle la cinta con dos vueltas alrededor de la cabeza. Sujete a continuación el extremo de la cinta o ambos extremos de la cinta en el mosquetón del aparato de tracción.
- Colóquese lateralmente a la torre de tracción, los pies separados la altura

de los hombros y los músculos glúteos contraídos.

Realización

- Coloque la CC en posición neutra para empezar el ejercicio e incline la cabeza contra la resistencia de la tracción tanto como pueda hacia un lado.
- Para realizar la **inclinación hacia la izquierda** el aparato de tracción está situado a su derecha y la amplitud del movimiento va de la posición neutra (o una inclinación hacia la derecha de máximo 10°) a la inclinación lateral izquierda máxima.



Figura D-150 Sujeción de la cincha en la cabeza para realizar la flexión lateral

- Durante el movimiento debe guiar la cincha con la mano derecha para que no se deslice.

Para la **inclinación lateral hacia la derecha** las relaciones están invertidas.

Control de ejercicio

Como **entrenador** y como **practicante** debe procurar mantener una posición estable y la parte superior del cuerpo erguida. Puede controlar el movimiento de la cabeza en el espejo.

3c) Máquina de flexión lateral de la CC

Hay máquinas especiales para la fle-

xión lateral de la CC o máquinas de extensión o de flexión en las que también se puede realizar la flexión lateral.



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Todas las porciones de los extensores de la CC ipsolaterales
- Todas las porciones de los flexores de la CC ipsolaterales.

Sinergistas

- Elevador de la escápula y trapecio superior (iposlateral).



Figuras D-151a + b Flexión lateral de la CC en el aparato de tracción de poleas
a) Posición inicial
b) Posición final

Estabilizadores

- Músculos del tronco

Realización del ejercicio

Posición

Es necesario que la máquina sea regulable para poder ajustar la región cervical media –a la altura de C4/C5– al nivel del eje de rotación de la máquina. Ver ajuste de los ejes en la máquina de extensión de la CC cuando el eje de rotación está localizado medialmente.

Realización

- **Inclinación lateral derecha:**
Ajuste la posición inicial de la máquina de forma que el movimiento se inicie prácticamente desde los 10° de

inclinación izquierda. Se debe inclinar lo máximo posible hacia la derecha. Sujétese lateralmente al aparato durante la realización del ejercicio para evitar que la parte superior del cuerpo se mueva.

- La **inclinación lateral izquierda** se hace a la inversa.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe ajustar correctamente el eje de rotación correspondiente, comprobar que el cuerpo se mueva simétricamente y que la posición inicial sea correcta.
- Como **practicante** compruebe si el soporte resbala durante el movimiento. Si es así, debe controlar en primer



Figura D-152a + b Flexión lateral de la CC en la máquina
a) Posición inicial
b) Posición final

lugar que la altura del asiento sea la correcta (a la altura de C4/C5) y en segundo lugar que el ejercicio se realice correctamente, es decir, que se movilicen los segmentos vertebrales congruentes con los ejes. Se debe modificar el ejercicio hasta que no se produzca el deslizamiento entre la cabeza y la superficie de apoyo.

Observaciones

Ver la realización del ejercicio en la máquina de extensión de la CC. Estaría bien disponer de un soporte lateral para la parte superior del cuerpo.

4. Ejercicios de rotación de la CC y ejercicios combinados de la CC

Contrariamente a los ejercicios vistos hasta ahora, en los ejercicios de rotación no se puede utilizar el peso de la cabeza como resistencia de entrenamiento debido a la poca creación de trabajo físico que se consigue, de forma que nos veremos obligados a aplicar resistencias externas. En consideración a las estructuras de rotación, normalmente poco desarrolladas, hemos de aplicar especialmente resistencias con poca inercia para evitar la aparición de posiciones forzadas y que se produzcan grandes aceleraciones. Los ejercicios siguientes cumplen con estas exigencias al tiempo que ofrecen instrumentos de entrenamiento efectivos para el principiante. Se aconseja empezar con el entrenamiento precoz de la rotación de la CC aunque al principio sólo se realicen una o dos series.

Los ejercicios combinados de la CC que describimos a continuación tienen en cuenta especialmente la disposición ligeramente oblicua de las carillas articulares de la CC, lo que no permite trabajar con amplitudes del movimiento ideales si combinamos ejercicios de flexión lateral y ejercicios de rotación. Estos ejercicios representan el segundo nivel de ampliación de los ejercicios.

4a) Rotación de la CC con poleas de tracción y con cintas de goma

Se puede realizar muy fácilmente un ejercicio de rotación de la CC utilizando una cinta elástica larga o un tube. La longitud de las cintas de goma debe ser unos 2 m.



Grado de dificultad: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Grupos musculares transversoespinales de la CC
- Esternocleidomastoideo (contralateral)
- Esplenio de la cabeza y oblicuo de la cabeza así como todos los músculos laterales que se insertan en el occipital

Estabilizadores

- Músculos del tronco

Realización del ejercicio

Posición

- Sujete un extremo de la goma (banda elástica o tube) a la altura de la cabeza a una máquina de entrenamiento o

similar. Haga doble nudo con la banda elástica y con el tube puede pasar un extremo por el interior de la otra asa y tensarlo.

- Aléjese del punto de sujeción para que se cree cierta tensión en la banda elástica (la resistencia aumenta en función de la distancia).
- Colóquese de pie con los pies separados, los músculos glúteos contraídos y la postura erguida.
- Para realizar **una rotación hacia la izquierda de la CC**, debe sujetar la goma a su **derecha**. Agarre el extremo libre de la cinta y enróllese alrededor de la frente con la **mano derecha**, sujetándolo con las puntas de los dedos en el occipital. La cinta queda presionada sobre la frente.

Realización

- El movimiento debe partir de la posición neutra de la CC. Debe efectuar un movimiento de rotación en este caso hacia la izquierda lentamente, lo más lejos que pueda (como siempre sin impulso).
- Durante el movimiento de regreso de la cabeza solamente puede sobrepasar la posición en unos 10-20° de rotación, en este caso hacia la derecha, para empezar de nuevo la fase de rotación concéntrica hacia la izquierda.
- Para realizar una **rotación derecha**, ha de proceder de forma inversa, partiendo de la misma posición inicial (ver antes).
- Debe procurar mantener la cabeza erguida durante el movimiento y que

el resto del cuerpo permanezca inmóvil, especialmente la CT, la CC y la cintura escapular.

Variación de la resistencia

Se puede variar la magnitud de la resistencia utilizando bandas elásticas de diferente grosor y modificando la distancia hasta la sujeción. Respecto a la capacidad de estiramiento máximo del tube o de la banda elástica, debe seguir las instrucciones del fabricante. Normalmente las bandas permiten el estiramiento hasta el doble de su longitud original.

Control del ejercicio

- Como **entrenador** debe controlar que el practicante mantenga una postura erguida, la cabeza recta y el cuerpo quieto. Por lo demás, es importante que la realización del movimiento sea regular.
- Como **practicante** debe procurar que la banda elástica no resbale y que el movimiento se haga contra resistencia, en la fase de vuelta se debe frenar a tiempo.

Observaciones

Posiciones iniciales y posiciones finales

- La posición final no es crítica y se debe alcanzar la posición máxima lentamente.
- La posición inicial se limita a unos 10-20° más allá de la posición neutra. Puesto que el movimiento se realiza en los dos lados, las estructuras implicadas alcanzan amplitudes del movimiento completas.



Figura D-153a + b Rotación hacia la derecha de la CC con banda elástica
a) Posición inicial
b) Posición final

Factores de riesgo

Compruebe que la banda elástica esté en buen estado; si detecta que tiene grietas o pequeñas fisuras debe sustituirla por una nueva. Compruebe también que los nudos sean seguros.

Durante la realización del ejercicio ha de mantener los ojos cerrados (para evitar que algunas personas se mareen).

Si utiliza un tube, guíe la goma con la otra mano para que no resbale debido a la pequeña superficie de apoyo de que dispone.

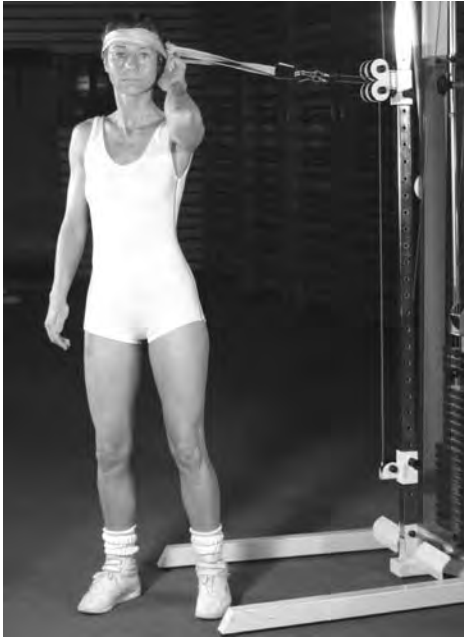
Variante del ejercicio: resistencia del ejercicio mediante poleas de tracción



Grado de dificultad: difícil (4)

Si utilizamos máquinas de tracción con diversas poleas (como mínimo 2 poleas sueltas), también es posible ejercer la resistencia con una cuerda de tracción que pase por diversas poleas ajustables a diferentes alturas.

- Para realizar el ejercicio se necesita una cincha que se pueda sujetar a la



Figuras D-154a+b Rotación de la CC en el aparato de tracción de poleas con la cinta
a) Posición inicial
b) Posición final

polea de tracción con un mosquetón grande.

- Antes de colgar el peso enróllese la cinta alrededor de la cabeza.
- Es necesario sostener la banda o cinta a la cabeza con las manos para que no resbale. Lo mejor es que coloque la mano detrás del nudo de la banda y que acompañe el movimiento de rotación con la mano. Puesto que esta sujeción no es muy favorable, se aconseja practicar este ejercicio solamente con personas experimentadas.

4b) Máquina de rotación de la CC

En muchas máquinas de rotación la inercia del sistema es demasiado grande.

Esto significa que durante la realización aparecen puntos de compresión máxima relativamente altos. Así pues, sólo podemos aconsejar las máquinas que tengan una inercia de rotación muy pequeña. Por otro lado, la resistencia se ha de poder aumentar muy lentamente, y la resistencia de inicio debe ser ya muy pequeña. En general, este ejercicio es poco adecuado para principiantes.



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Grupos musculares transversoespinales de la CC

- Esternocleidomastoideo (contralateral)
- Esplenio de la cabeza y oblicuo de la cabeza, así como todos los músculos laterales de la CC que se insertan en el occipital

Estabilizadores

- Músculos de la cintura escapular

Realización del ejercicio

Posición

- Ajuste el asiento y el soporte de fijación si éste existe, para que quede situado en el eje de rotación de la máquina con su CC y que su cuerpo quede bien fijado.
- Limite la posición inicial como hemos explicado en los ejercicios anteriores.

Realización

- Hay que este ejercicio realizar lentamente, sin impulso y con resistencias muy pequeñas al principio.

Observaciones

Posición inicial y posición final

Es imprescindible limitar la posición inicial, lo que hace necesario disponer de un limitador de movimiento. Se puede practicar sin problemas y ampliamente la posición final.

4c) Ejercicios combinados de la CC

Además de los ejercicios de rotación o de flexión lateral geoméricamente puros, también cabe realizar ejercicios combinados que ofrezcan estímulos de entrenamiento relevantes. A continuación

explicamos brevemente algunas combinaciones posibles.

Variantes

Rotación de la CC a diferentes ángulos de flexión lateral

Los ejercicios de rotación de la CC libre descritos en el apartado 4a con cinta de goma se pueden realizar ahora con diferentes ángulos de inclinación de la CC, lo que provoca diferentes cargas sobre las articulaciones de la CC implicadas y diferentes amplitudes de los músculos afectados.

- Para realizar este ejercicio, sujete la cinta de goma mucho más arriba o mucho más abajo que la altura de la cabeza. Debe colocar la cabeza/la CC de modo que el eje longitudinal de la CC permanezca siempre perpendicular a la dirección de tracción de la cinta de goma.
- Con la altura de sujeción de la goma determina el ángulo de flexión lateral.
- El movimiento se hace entonces como se ha indicado arriba, efectuando una rotación alrededor del eje longitudinal de la CC, ahora con el ángulo de inclinación correspondiente.

Extensión libre del cuello con elementos de rotación

En los ejercicios libres de extensión del cuello en posición tumbado y en sedestación se puede introducir un elemento de rotación durante la fase de extensión. Durante el movimiento de enrollamiento añadiremos un movimiento de rotación hacia la derecha o hacia la izquierda.



Figura D-155a-d Rotación de la CC a diferentes ángulos de flexión lateral, rotación a la derecha con inclinación lateral derecha

a) Posición inicial



b) Posición final



c) Rotación derecha con inclinación lateral izquierda, posición inicial



d) Posición final

Flexión libre del cuello con elementos de rotación

En el ejercicio de flexión libre del cuello realizado en posición tumbado se puede introducir también un movimiento de rotación hacia la derecha o hacia la izquierda durante el enderezamiento. Aquí se acentúa más el acortamiento del esternocleidomastoideo.

Flexión lateral libre de la CC con elementos de rotación

Los ejercicios de flexión lateral de la CC en decúbito lateral se pueden combinar con la rotación ipsolateral, es decir, el practicante realiza una flexión lateral derecha combinada con una rotación hacia la derecha (la mirada dirigida al punto más alto y más posterior).



Figura D-156 a + b Extensión libre del cuello con rotación

a) Posición inicial

b) Posición final



Figura D-157a + b Flexión del cuello en posición tumbado con rotación

a) Posición inicial

b) Posición final



Figuras D-158a + b Flexión lateral libre de la CC hacia la izquierda con rotación hacia la izquierda

a) Posición inicial

b) Posición final

6. OTROS EJERCICIOS PARA LA ESTABILIZACIÓN MUSCULAR DE LA CV

Los ejercicios siguientes no son ejercicios dinámicos de la CV sino que son ejercicios para el entrenamiento dinámico de la rodilla, la cadera y la cintura escapular. Se exponen en este capítulo porque son ejercicios básicos para la estabilización de la columna vertebral y permiten al practicante auto-estabilizarse y desviar las fuerzas de forma favorable.

Con ayuda de los ejercicios de tracción de poleas y del levantamiento de peso muerto mejora la tensión diagonal de la fascia toracolumbar a través del dorsal ancho y de las fibras superiores del glúteo mayor (ver cap. D 2.3). Los ejercicios de tracción de poleas también influyen positivamente en la fijación de la escápula, que mejora medial y caudalmente, colaborando a la estabilización de la articulación glenoidea. El ejercicio de flexión de la cadera que presentamos ofrece un entrenamiento de amplitud total del psoas, estabilizador de la CL y de la ASI.

En los ejercicios complejos de peso muerto y de sentadillas el practicante aprende a absorber grandes cargas y a estabilizar correctamente todas las articulaciones vertebrales y la ASI, a mejorar la coordinación de las diferentes cadenas musculares y a desviar las fuerzas actuantes sobre el cuerpo con el mínimo de cargas posibles hacia el suelo. Ambos ejercicios son difíciles, pero ofrecen grandes ventajas en cuanto

a la potencia (fuerza) del practicante, que aumenta rápidamente. Como fase previa a estos ejercicios se puede realizar los ejercicios de prensa de piernas, en los que la columna vertebral se estabiliza mecánicamente. La cinemática de los ejercicios varía considerablemente en función de las diferentes posiciones de los pies, del ángulo de las caderas y del recorrido de los movimientos.

Puesto que este libro está centrado en los ejercicios de la columna vertebral,



Figura D-159 Levantamiento de peso muerto con mancuernas

a) Posición inicial

por motivos de espacio únicamente podemos mostrar algunas técnicas de ejercicios. Tan sólo para los músculos de la cadera y de la cintura escapular existen unos 150 ejercicios de entrenamiento de la fuerza funcionales. Está previsto exponer en otro libro las técnicas de ejercicios para la cintura escapular, la región de la cadera y las extremidades con la mano y el pie incluidos. Por otro lado, ofrecemos cursos intensivos para tratar las diferentes regiones corporales en los que se

aprende a practicar exactamente los diferentes ejercicios y sus variantes (más información al respecto al final del libro).

6.1 Levantamiento de peso muerto

Peso muerto (*“dead lift”* en inglés) es un ejercicio muy complejo que implica una combinación de lazadas musculares ideales. La tensión diagonal de la fascia toracolumbar a través de la lazada del dorsal ancho - fibras superiores del glú-



Figura D-159 Continuación
b) Segunda posición



Figura D-159 Continuación
c) Posición final

teo mayor (ver cap. D 2.3b) es entrenada dinámicamente con este ejercicio, mientras que la tensión vertical soporta una carga estática a través del erector de la columna y la tensión horizontal soporta una carga estática a través de los músculos abdominales laterales. Este ejercicio se realiza de forma parecida a la de la sentadilla. Es ideal empezar a practicarlo con principiantes o con personas en proceso de rehabilitación con dos mancuernas cortas, de modo que la distribución de cargas para la columna vertebral sea más equilibrada. En los practicantes avanzados se realiza el levantamiento de peso muerto con una barra. Cualquier practicante ha de estar en condiciones de levantar correctamente una barra de un peso equivalente al peso de su cuerpo. Los practicantes más ambiciosos deberían levantar una barra de 1,5 veces el peso de su cuerpo. Los mejores atletas del mundo, por ej. los atletas de pesos superpesados, ¡mueven más de 400 kg!

Grado de dificultad

- Realización del ejercicio con mancuernas: fácil (2)
- Realización con barras: medio (3)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Músculos extensores de la cadera (especialmente el glúteo mayor)
- Músculos extensores de la rodilla
- Tríceps sural/isquiotibiales
- Aductores de la cadera.

Sinergistas

- Dorsal ancho

Estabilizadores

- Erector de la columna lumbar y torácica
- Músculos de la mano, del antebrazo y de la cintura escapular
- Abductores de la cadera
- Músculos del tobillo

Posición y realización del ejercicio “levantamiento de peso muerto con mancuernas”

Posición

● Soportes para mancuernas:

Para coger las mancuernas del suelo, el practicante debe inclinarse demasiado, lo que suele causar una cifotización de la zona de transición lumbosacra y con ello la creación de cargas perjudiciales. Para evitar que aparezca este problema, aconsejamos utilizar soportes para las mancuernas. Se puede utilizar simples cubos de madera de diferentes alturas como soporte, sobre los que se podrá dejar las mancuernas a derecha e izquierda del practicante. Estos bloques evitarán que el paciente se tenga que flexionar tanto. A los principiantes se les enseñará el ejercicio primero sin peso para que aprendan el movimiento y la altura del peso, colocando más tarde los bloques de madera. Es ideal disponer de tres pares de bloques de diferentes alturas, por ej. de 10, 20 y 30 cm. El practicante avanzado habrá desarrollado ya suficientes medios de autocontrol que le permitan realizar el ejercicio sin soporte alguno.

- Colóquese en bipedestación con los

pies separados como mínimo la anchura de las caderas y, mejor todavía, la anchura de los hombros (se les puede separar todavía más). Se debe colocar los pies de forma que éstos queden situados en un mismo plano con las piernas y los muslos durante la realización del movimiento, es decir, que a partir del momento en que los pies estén separados la anchura de los hombros, los pies han de mirar hacia fuera.

- Toda la superficie del pie debe mantener el contacto con el suelo; esto quiere decir que durante el ejercicio la carga se ha de distribuir regularmente por el talón y toda la superficie de la planta del pie.

Realización

- Agarre las mancuernas, enderézese con el peso y vuelva de nuevo a la posición cuclillas.
- Es muy importante que mantenga el cuerpo erguido durante toda la realización del movimiento. Mantenga constantemente la mirada hacia el frente, levante el pecho y adopte conscientemente una posición de lordosis lumbar.
- Mantenga las mancuernas cerca del cuerpo y los brazos verticales hacia el suelo.
- Debe procurar mantener las caderas lo más posteriores posibles durante el movimiento para evitar sobrecargar las rodillas (cajón).
- Es evidente que se debe cumplir estas reglas y mantener el equilibrio corporal.

Posición y realización de “peso muerto con barra”

Los practicantes avanzados realizarán progresivamente ejercicios de peso muerto con barra, y los deportistas de competición sólo podrán entrenar con barras debido a tipo de cargas que necesitan.

Posición

- Puesto que el diámetro de los discos de las barras es mucho mayor que el de las mancuernas, éstas quedan situadas automáticamente más altas, lo que hace que normalmente podamos prescindir del uso de soportes, aunque, si los necesitamos, también se pueden utilizar.
- Posición en bipedestación, ver indicaciones anteriores.

Realización

- Agarre la barra colocando las manos un poco más separadas que la anchura de los hombros y sitúe la barra cerca de los pies. En los ejercicios de halterofilia se efectúa normalmente una presa con las manos más juntas y los pies más separados para que el recorrido de elevación sea menor.
- Colóquese en cuclillas, lleve las caderas tan posteriores como posible, saque el pecho hacia fuera, levante la cabeza y eleve el peso hacia arriba.
- Puesto que la carga externa tiene un efecto cifosante sobre la columna vertebral, éste debe ser compensado



Figura D-160a-c Peso muerto con barra
Posición inicial



b) Segunda posición

muscularmente lo cual se consigue sólo con una gran actividad de los extensores del tronco, es decir con una posición de lordosis. Con la orden de lordosar se puede evitar especialmente la aparición de cifosis segmentarias, que son difíciles de observar desde fuera.

- Durante el movimiento de elevación debe mantener la barra lo más cerca posible del cuerpo, es decir, pasando muy cerca de las rodillas.
- La última fase de tracción antes de alcanzar la extensión total del tronco no se debe efectuar rápidamente para

evitar que se produzca un efecto de compresión por la oscilación de la barra o por la ligera hiperextensión de la CC.

- Cuando deje el peso tras la última repetición ha de estar atento y procurar que no se produzca una posición cifosante en el último centímetro del movimiento.
- En el levantamiento de pesos muy pesados se agarra la barra con una presa invertida, lo que significa que la superficie de la palma de una mano mira hacia delante y la otra hacia atrás para aumentar la fuerza de prensión.



c) Posición final

En este caso debe cambiar la colocación de las manos en cada serie.

Control del ejercicio

- El **practicante** se puede colocar lateralmente al espejo para comprobar la postura. Se debe identificar y corregir rápidamente las posiciones cifóticas. Por lo demás, ha de procurar mantener la presión de los talones sobre el suelo.
- El **entrenador** debe corregir inmediatamente las posturas cifóticas utilizando el contacto corporal. Si se produce un cajón muy importante en la

rodilla, el entrenador puede corregirlo conduciendo la pelvis lentamente hacia atrás.

Observaciones

El principiante de fitness –puede empezar ya en el primero o el segundo mes de entrenamiento– empezará con el levantamiento de peso muerto con mancuernas. En personas que se encuentren en período de rehabilitación también es muy aconsejable practicar este ejercicio, especialmente tras sufrir hernias discales, siempre que se cumpla con las reglas establecidas. Tras unos 3 meses de práctica con este ejercicio se aconseja pasar a la realización con barra.

6.2 Tracción de poleas

Los ejercicios de tracción en una máquina de tracción de poleas forman parte de los grupos de ejercicios clásicos del entrenamiento de la fuerza. Con este aparato es posible entrenar músculos esenciales de la espalda y de los hombros con muy poca carga para la columna. El dorsal ancho, músculo descargador de la columna, se puede trabajar aquí con gran amplitud articular mediante la tracción vertical. Existen numerosas variantes como los jalones frontales o los jalones trasnuca, con agarres anchos o con agarres estrechos, en posición neutra o en posiciones de rotación, con agarres únicos o con barras, en diferentes ángulos de tracción, etc. En la siguiente descripción de los ejercicios queremos concentrarnos en la variante de tracción frontal. En cualquier instalación de fit-



Figura D-161 Levantador de halterofilia Michael Brügger durante el levantamiento de peso muerto con 320 kg (Foto: SPORT & FITNESS, Benno Dahmen)

ness encontrará máquinas de tracción de poleas.



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Dorsal ancho
- Redondo mayor

Sinergistas

- Infraespinoso, redondo menor, subescapular (caudalización de la cabeza del húmero)
- Retractores de la escápula (romboideos, trapecio medio)

- Depresores de la escápula (trapecio inferior, serrato anterior: porción inferior, pectoral menor)
- Deltoides posterior, pectoral mayor
- Flexores del brazo (bíceps, braquial, braquiorradial)

Estabilizadores

- Músculos abdominal
- Extensores del tronco
- Músculos del antebrazo y de la mano

Máquinas de tracción de poleas

De forma general podemos clasificar los ejercicios en estas máquinas entre ejercicios frontales y ejercicios de trac-

ción tras nuca. En las tracciones frontales se tracciona la barra hacia el pecho, en las tracciones tras nuca se conduce la barra detrás de la cabeza en dirección a la cintura escapular. Si la polea de tracción superior se sitúa delante de la posición de sedestación media, visto desde la posición del practicante, la máquina es adecuada para realizar tracciones frontales; si, en cambio, la polea se encuentra directamente por encima del asiento, este tipo de máquina es adecuado para realizar tracciones tras la nuca con menos carga; la dirección de la tracción es aquí vertical.

Realización del ejercicio “jalones frontales”

Posición en sedestación

- Antes de empezar el ejercicio debe ajustar correctamente la altura del asiento de forma que:
 - los muslos se puedan colcar debajo del soporte para las piernas
 - el cuerpo pueda sostenerse con la aplicación de pesos de tracción importantes
 - no se pueda apoyar los pesos insertados durante la realización del ejercicio.
- Utilice una máquina de tracción frontal; de este modo se podrá sentar muy cerca de la fijación para los muslos. Si utiliza una máquina de tracción tras nuca se debe colocar más atrás en el asiento con el fin de que los muslos todavía queden fijados y la dirección de la tracción no sea ya perpendicular al suelo.

- Antes de adoptar la posición de sedestación para iniciar el ejercicio debe agarrar la barra con una presa simétrica. En los jalones con poleas se puede realizar todo tipo de agarres, pero al principio se aconseja utilizar una barra ligeramente oblicua con agarres neutros. También se puede utilizar barras oblicuas sin más, asas gemelas muy juntas o cuerdas flexibles o asas para una mano (ver fig. B-12).
- No debe flexionar ni torcer las muñecas; éstas han de permanecer siempre en prolongación de los brazos (pues, de lo contrario se produciría un estrés demasiado importante en esta articulación).
- Deje que el peso de su cuerpo lo lleve hacia abajo y colóquese en la posición de sedestación antes descrita. Si trabaja con pesos muy importantes (iguales o mayores que el peso del cuerpo) necesitará realizar más fuerza, traccionando con la fuerza de los muslos para colocarlos debajo de su dispositivo de fijación.

Realización

- Para llevar a cabo una tracción frontal, la CT superior debe formar un ángulo de como mínimo 20 °, mejor de 30°, respecto a la dirección de la tracción, para realizar una buena tracción hacia el pecho y evitar que la barra choque con la barbilla o la nariz. En comparación, el ángulo para la tracción tras nuca es 0°.
- Este **ángulo formado por la dirección de la tracción y la CT** puede

estar determinado ya por la máquina de tracción frontal en la posición erguida. Si no es así, lo alcanzaremos deslizándonos más posteriormente en el asiento o inclinando la parte superior del cuerpo hacia atrás. Debido a la existencia de una fuerza de tracción de descarga hacia arriba, la posición reclinada hacia atrás del cuerpo no es nada problemática, excepto en los casos en los que un participante de mucho peso pueda utilizar sólo pesos muy pequeños, pues entonces la fuerza de descarga no sería suficiente para el peso del cuerpo, y

habría que evitar la posición reclinada hacia atrás. De forma general, con la inserción de pesos que representen el 45-50% del peso del cuerpo es posible realizar la inclinación posterior. Esta inclinación se puede hacer adoptando una posición de hiperlordosis de la CV y activando la extensión de la cadera; ambas variantes son practicables, pero la ligera extensión de la cadera no provoca tanta carga y es más fácil de realizar, por lo que la escogeremos con preferencia.

- Traccione regularmente la barra hacia el pecho hasta que las asas o las manos que las sujetan toquen el



Figuras D-162a-d “Jalones frontales” en la máquina de tracción de poleas
a) Con barra ancha y agarre neutro, b) Posición final
posición inicial

pecho. A continuación deje que la barra suba controladamente hacia arriba.

- En la posición superior, los codos deben quedar completamente extendidos (ver principio EF 3), pues esta posición no representa una posición forzada para los codos; no ocurre lo mismo con las escápulas (ver principio EF 4). Las escápulas no deben alcanzar su posición de elevación máxima debido al riesgo de posición forzada que corre la articulación escapulotorácica en esta posición, especialmente si se utilizan grandes pesos.
- Durante el movimiento de tracción

hacia abajo debe procurar que se produzca un descenso máximo (depresión) y una aducción máxima (retracción) de las escápula además del movimiento de los brazos. Los depresores y los fijadores mediales de la escápulas acostumbran a estar subdesarrollados en los deportistas de competición.

Variantes del entrenamiento

- Todos los agarres son correctos, desde los agarres muy estrechos hasta los muy anchos, pero los ángulos de tracción varían. Una presa más ancha acentúa el entrenamiento de las fibras del dorsal ancho que se



c) Con agarre neutro estrecho, posición inicial



d) Posición final

insertan en la región de la CT, y una presa más estrecha, el entrenamiento de las fibras que se insertan en la zona de la CC y de la pelvis.

- En las máquinas de doble polea el movimiento de los dos brazos es independiente, pero cada brazo experimenta la misma carga. Se puede realizar tracciones con un solo brazo, con ambos brazos o alternando el movimiento. Se puede añadir también elementos de rotación.
- Además de las máquinas de tracción de poleas, también es posible realizar descensos laterales (*lat-Pulldowns*), en los que una palanca colgada en el eje de rotación es traccionada hacia abajo dibujando un semicírculo. Se aconseja practicar estos ejercicios especialmente con principiantes y para ampliar la oferta de ejercicios de tracción vertical.

Errores más frecuentes/Observaciones

- Se debe controlar que la tracción se ejerza simétricamente en dos planos (desde atrás y desde el lado). Si los brazos traccionan en dirección oblicua y torcida, hay que corregirlos inmediatamente hasta alcanzar una posición simétrica.
- Durante la realización de los jalones frontales el practicante tiene tendencia a acelerar la parte superior del tronco hacia atrás para superar el “punto muerto” (con grandes pesos). Esto causa una tensión muy importante en la CC y, por tanto, deberíamos evitarlo.

- La tracción de poleas es también una preparación ideal para las dominadas, que se pueden empezar a practicar desde el mismo momento en el que el practicante sea capaz de levantar pesos de aprox. el 90% de su peso corporal.

6.3 Entrenamiento de los flexores de la cadera en el péndulo

El entrenamiento de los flexores de la cadera está poco presente en los programas de entrenamiento de fuerza o se entrena muchas veces con una amplitud del movimiento demasiado reducida. Pero el psoas tiene una función estabilizadora muy importante para la CL y la ASI, como ya hemos explicado en el apartado de entrenamiento abdominal. Así pues, el entrenamiento con ejercicios del psoas con amplitud total debe ser un componente muy importante en el entrenamiento de las personas con problemas de espalda, en aquellos que practican disciplinas o profesiones que comportan mucha carga para la CV, así como en los deportistas de las diferentes disciplinas de carrera. En el péndulo de cadera se puede practicar los ejercicios de forma muy efectiva (también denominado *hip rotor*).



Grado de dificultad: fácil (2)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Psoas ilíaco
- Recto femoral (especialmente cuando

la polea está colocada debajo de la rodilla).

Sinergistas

- Tensor de la fascia lata
- Sartorio
- Grácil (rescto interno)
- Glúteo menor (fibras anteriores)

Estabilizadores

- Cadena extensora de la cadera y de la rodilla de la pierna de apoyo
- Recto del abdomen
- Los músculos abdominales laterales.

Posición y realización del ejercicio

Posición

- En esta máquina de entrenamiento de un eje es necesario posicionar el eje de rotación de la máquina a la altura de la articulación de la cadera activa. Según el tipo de máquina de la que disponga podrá o bien ajustar la altura de la superficie de apoyo o bien ajustar la altura directamente en el eje de rotación.
- La altura de la cadera se puede reconocer palpando el trocánter mayor (gran protuberancia redonda) en la parte lateral del muslo. Coloque ahora la mano lateralmente en la pelvis/muslo, el pulgar presiona sobre la cresta ilíaca y los dedos pueden palpar la protuberancia ósea del trocánter mayor. La parte superior palpable del trocánter mayor está situada a la altura del eje de flexión de la cadera.
- Coloque el rollo de la pierna de modo que quede situado en la región media del muslo durante la realización del ejercicio.

- La palanca a la que está sujeto el rollo del muslo se colocará ligeramente hacia atrás para permitir que la cadera trabaje con una amplitud del movimiento completa, es decir, de forma que también se utilice el estiramiento completo.
- Colóquese sobre la superficie de apoyo en bipedestación del aparato; a continuación, coloque el rollo sobre el muslo e intente llevarlo hacia arriba hasta que el eje de rotación de la máquina discorra exactamente por el centro de la pelvis visto lateralmente. La pierna de apoyo tiene la rodilla ligeramente flexionada y mantiene este ángulo durante todo el ejercicio.

Realización

- Sujétese con ambas manos a la máquina lateralmente y empuje el rollo con el muslo de la pierna activa tan arriba como pueda, hasta la flexión máxima de la cadera. Al hacer este movimiento también se flexiona automáticamente la rodilla.
- Como siempre este movimiento debe efectuarse sin impulso.
- Durante el movimiento de vuelta del rollo se debe impedir la adopción de una posición lordótica. Colóquese desde el principio en una postura ligeramente cifótica.
- Para cambiar de pierna lleve la palanca lentamente hasta la posición de partida y varíe la posición de la palanca con el fin de que para esta pierna también sea posible trabajar en ampli-

tud total. Para realizar el ejercicio debe haber efectuado un giro de 180° y hacer exactamente lo mismo que con la otra pierna.

Variaciones

Si quiere trabajar el recto femoral además del psoas ilíaco como agonista en el entrenamiento, puede realizar el ejercicio de la misma manera, pero colocando el rollo debajo de la rodilla, siendo lo ideal situarlo justo por encima del pie. El ángulo de la rodilla está ampliamente extendido (de 20 a 30°) y

se mantiene constante durante todo el ejercicio.

Control del ejercicio

Como **entrenador** y como **practicante** debe evitar los movimientos de impulso. Si tiene dificultad para controlar estos movimientos, realice una pausa artificial momentánea de 1 segundo tras la ejecución de la primera mitad del movimiento. Por lo demás debe mantener la congruencia de los ejes durante el movimiento, es decir, debe evitar el movimiento de la pelvis. El entrenador debe fijar la pelvis



Figura D- 163a + b Entrenamiento de los flexores de la cadera en el péndulo de cadera centrado en el psoas ilíaco

a) Posición inicial

b) Posición final



Figura D-164a+b Entrenamiento de los flexores de la cadera con implicación del recto femoral
a) Posición inicial
b) Posición final

del practicante mediante contacto corporal durante algunas repeticiones, hasta que el practicante sea capaz de fijarla por sí mismo. El entrenador también debe controlar la postura lateral de la CL (sin lordosis) y, si es necesario, corregirla.

6.4 Prensa de piernas

El entrenamiento en la prensa de piernas es una forma de entrenamiento muy beneficiosa para el conjunto de la cadena extensora de la cadera y la rodilla, en la que el cuerpo está completamente estabilizado. La prensa de piernas también es un ejercicio de preparación ideal para las sentadillas. Existen diferentes tipos de máquinas en el mercado, prensas vertica-

les y prensas inclinadas, prensas de piernas en las que se mueve el soporte para los pies o el practicante, con asiento o con carro, de recorrido lineal o circular, para una pierna o para ambas piernas, con plataformas para los pies móviles o fijas, etc. Las resistencias se pueden ajustar independientemente del peso del cuerpo —excepto en las máquinas Hackenschmidt—. Variando la posición de los pies se puede acentuar el entrenamiento de los extensores de la rodilla o de la cadera.

Si se colocan los pies en la parte superior de la plataforma de apoyo, el ángulo de flexión de la rodilla será menor para el mismo ángulo de la cadera, la carga que



Figura D-165a + c Prensa de piernas clásica
a) Prensa de piernas con carro en sedestación, posición inicial



b) Posición final



c) Prensa de piernas con carro en posición tumbado (Foto: Gym 80)

soportarán las rodillas será menor, los glúteos deberán trabajar más y el rendimiento de la rodilla en extensión será menor, y viceversa cuando la posición de los pies sea más baja. La fase de flexión puede sobrepasar los 90° de flexión de la rodilla. La ligera elevación de la pelvis de la superficie de apoyo tiene un efecto limitador del movimiento, pero representa una mayor tensión para la zona de transición lumbosacra.

No podemos representar los desarrollos de fuerza, las cargas ni las múltiples variaciones del ejercicio por los motivos antes mencionados. Algunas indicaciones dadas para la sentadilla son aplicables a la prensa de piernas.

En la figura D-165 se ha representado dos ejercicios de prensa de piernas clásicos. Durante el entrenamiento debe procurar que las piernas no se extiendan completamente durante la fase de extensión y que la pelvis no se levante durante la fase de flexión.

Al principio de los años 1990 se desarrolló una nueva variante de prensa en la que se combinaban las ventajas de los dos tipos de prensas, es decir, amplitud de movimiento completa con poca carga para las rodillas y máxima extensión de la cadera. Con la *Multi Motion Leg Press* (fig. D 166) se puede empezar el ejercicio con poca carga para las rodillas y alcanzar la extensión corporal máxima. Durante este movimiento se mueven el carro y el soporte para los pies alrededor de 4 ejes de movimiento.



Figura D-166a-c Multi Motion Leg Press con cuatro ejes de movimiento (Foto: Gottlob)
a) Posición inicial



b) Segunda posición



c) Posición final

6.5 Sentadillas/Squats

Muchas personas dicen que la sentadilla es la reina de los ejercicios. Existen muchos libros centrados en este ejercicio, que representa un ejercicio clave para muchos deportes. Cualquier persona que realice un entrenamiento intensivo debe haber integrado este ejercicio como míni-

mo una vez en su programa de entrenamiento.



Grado de dificultad: difícil (4)

Grupos musculares entrenados

Agonistas

- Musculatura extensora de la cadera (especialmente el glúteo mayor)
- Musculatura extensora de la rodilla
- Tríceps sural/isquiotibiales
- Aductores de la cadera

Estabilizadores

- Erector de la columna lumbar y torácica
- Abductores de la cadera
- Músculos del tobillo

Posición y realización del ejercicio

Posición

- Colóquese en bipedestación delante de la barra, agarrela con las manos

- separadas el doble de distancia de los hombros.
- Se debe colocar el peso encima de la cintura escapular. Hay que activar la musculatura de esta zona, o sea, el trapecio, para crear un soporte muscular para la barra. Si aún así la barra le provoca dolor puede colocarse una espuma encima de los hombros.
 - Levante la barra y colóquese en la posición inicial del ejercicio realizando uno o dos pasos.
 - Manténgase en bipedestación con los pies separados la misma anchura que los hombros (separación mínima: anchura de las caderas) o más, con las puntas de los pies ligeramente giradas hacia fuera de forma que el muslo, la pierna y el pie queden situados en un plano durante el movimiento.
 - Colóquese en posición erguida, la mirada hacia el frente, el pecho levantado y una ligera posición de lordosis.

Realización

- Colóquese en cuclillas con el peso y levántese de nuevo.
- La inversión del movimiento se debe realizar de manera lenta y controlada. También hay que evitar realizar un movimiento de rebote en el punto más bajo del movimiento y extender completamente las piernas en el movimiento hacia arriba.
- Durante todo el ejercicio debemos mantener la posición lordótica. Empuje con los glúteos hacia atrás, levante el pecho y mantenga la mirada horizontal.

- El movimiento debe ser exactamente simétrico y la carga se ha de repartir equilibradamente entre las dos piernas.
- La carga es transmitida al suelo tanto a través de talón como de toda la superficie del pie; no es adecuado utilizar soportes para los talones. Si no puede sostener el pie de otra forma, debe reducir progresivamente el soporte durante las semanas o meses de entrenamiento hasta llegar a realizarlo sin él; trabajará al mismo tiempo para la movilidad del tobillo.
- Tras finalizar el entrenamiento coloque de nuevo la barra en el soporte y



Figura D-167 Sentadilla

a) Posición inicial

asegúrese visualmente de que está bien apoyada antes de dejar la tensión.

Sentadillas profundas

Sentadillas completas

- En este ejercicio se adopta la posición en cuclillas hasta que los muslos queden paralelos con el suelo. La carga para las rodillas en esta variante es menor que con las sentadillas de poca carga (90° en el ángulo de la rodilla).

Medias sentadillas

- En este ejercicio el practicante baja hasta 80° de flexión de la rodilla.

- Esta forma de flexión de la rodilla permite trabajar con pesos mucho más elevados. Cuando el ángulo está aumentado se produce un descenso importante de la fuerza por razones biomecánicas. En este ejercicio se puede mover resistencias de un 30 hasta un 50% mayores según la proporción corporal.
- Esta forma de sentadilla es también muy adecuada para deportistas de cualquier disciplina. Por ej. velocistas o atletas de salto que deben desarrollar al máximo su fuerza en ángulos de rodilla y de cadera reducidos.



Figura D-167 Continuación
b) Segunda posición



Figura D-167 Continuación
c) Posición final

Sentadilla profunda (ver también principio EF 4)

- En este ejercicio el practicante baja tanto como pueda en la posición encucillada e intenta evitar la curvatura en la zona de transición lumbosacra.
- Este ejercicio sólo se debe practicar después de fortalecer notablemente mediante entrenamiento los grupos musculares implicados, en especial los estabilizadores.
- Realice este ejercicio primero con pesos pequeños, de un 40 o 50% de la $F_{\text{máx.}}$ de la sentadilla completa.
- Las sentadillas son muy útiles para toda práctica deportiva en la que se adopte esta posición. Además, esta posición se corresponde con una posi-

ción fisiológica que mantienen muchos pueblos durante horas y requiere una protección articular fuerte que se puede entrenar con este ejercicio.

Realización clásica del ejercicio

Realización del ejercicio sin carga para las rodillas

- En este ejercicio el tronco se inclina más hacia delante mediante la flexión de las caderas sin perder la posición de lordosis.
- Manteniendo esta postura, la distancia de las articulaciones de las rodillas hasta la dirección principal de la carga es menor y también lo es la carga del momento de rotación que se crea en la rodilla.



Figura D-168 Sentadilla profunda
a) Posición inicial



b) Segunda posición

- Si mantenemos la posición de lordosis, la carga principal que experimenta la columna vertebral es absorbida axialmente. Se crean importantes fuerzas de cizallamiento, pero éstas son desviadas fisiológicamente gracias a la tensión impecable de las fascias y la congruencia de las carillas articulares.
- De esta manera los halterófilos pueden levantar grandes cargas, pues los músculos extensores de la cadera pueden desarrollar valores de fuerza mucho mayores que los músculos extensores de la rodilla.
- Puesto que aquí el brazo de palanca entre las rodillas y la dirección principal de la carga es mayor, la carga del momento de rotación en las rodillas también es mayor y la musculatura del cuádriceps está más solicitada.
- Puesto que la columna vertebral está casi enderezada, la carga de la columna vertebral se puede repartir axialmente; se producen pocas fuerzas de cizallamiento.

Variantes

Además de estas diferentes posiciones de las rodillas, existen múltiples variantes que no podemos presentar ahora. Hay muchas alternativas para los ejercicios, como el *front squat*, una sentadilla en la que la haltera se apoya sobre el pecho, en la parte anterior.

Control del ejercicio

El **entrenador** se puede colocar detrás del practicante para controlar el ejercicio y guiar el movimiento de elevación del tronco mediante contacto corporal.

Observaciones

La mayoría de los soportes de sentadilla disponen de una soporte de emergencia. Realice el ejercicio siempre con estos soportes (especialmente el practicante de fitness) para asegurarse de poder dejar la barra incluso en la posición de cuclillas si le falla la fuerza muscular.

Realización de descarga de la columna vertebral

- En este ejercicio se mantiene el tronco relativamente erguido; las articula-



Figura D-168 Continuación
c) Posición final

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

Bibliografía

- Adams M. A., Hutton W. C., The mechanical function of the lumbar apophyseal joints. *Spine* 1983; 8:327–30.
- Addison R., Schultz A., Trunk strength in patients seeking hospitalization for chronic low-back disorders. *Spine* 1980; 5:539–44.
- Aisenberg J. A., Exercise in the prevention & management of osteoporosis. *Physical Therapy* 1987; 6:1100–04.
- Alexander R. McN., Vernon A., The dimensions of knee and ankle muscles and the forces they exert. *J. Hum. Movement Stud.* 1975; 1:115–23.
- Allmann H., Maximalkraft und Sprintleistung – Maximal-krafttraining im Sprinttraining. In: M. Bührle (Hrsg.), Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schriftenreihe des BiSp, Band 56. Schorndorf: Karl Hofmann 1985.
- Aniansson A., Gustafson E., Physical training in old men with special reference to quadriceps muscle strength and morphology. *Clinical Physiology* 1981; 1:87–98.
- Aniansson A., Ljungberg P., Rundgren A., Wetterquist H., Effect of a training programme for pensioners on condition and muscular strength. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 1984; 3:229–41.
- Baldwin K. M., Musculoskeletal adaptations to weightlessness and development of effective counter measures. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1996; 28:1247–53.
- Bammes G., Die Gestalt des Menschen. 8.Aufl. Ravensburg: Ravensburger Buchverlag 1995.
- Barnett L. S., Little league shoulder syndrome: Proximal humeral epiphyseolysis in adolescent baseball pitchers. *The journal of bone and joint surgery* 1985; 67-A: 495–96.
- Baum K., Krafttraining bei Senioren: Hilfe zum Leben im Alter? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 1995; 46(4):214–20.
- Bergmann G., Kniggendorf H., Graichen F., Rohlmann A., Influence of shoes and heel strike on the loading of the hip joint. *J. Biomechanics* 1995; 28(7):817–27.
- Bittmann F., Badtke G., Schmidt O., Zum kinematischen Verhalten von Becken- und Schulterachse sowie Wirbelsäulenlänge beim Langstreckenlauf. Vortrag anlässlich des 35. Deutschen Sportärztekongresses am 25.–27. Sept. 1997 in Tübingen.
- Blackard D. O., Jensen R. J., Ebben W. P., Use of EMG analysis in challenging kinetic chain terminology. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1998; 30:443–48.
- Bloomer R. J., Ives J. C., Varying neural and hypertrophic influences in a strength program. *Strength and Conditioning Journal* 2000; 22(2):30–35.
- Bloomfield S. A., Changes in musculoskeletal structure and function with prolonged bed rest. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997; 29(2):197–206.
- Bogduk N., Neck pain. *Australian Family Physician* 1984; 13(1):26–30.
- Bogduk N., Twomey L. T., Clinical anatomy of the lumbar spine. 2nd ed. Melbourne: Churchill Livingstone 1991.
- Brenke H., Dietrich L., Berthold F., Trainingsmethodische Hinweise zur Vermeidung von Schäden am Stütz- und Bewegungsapparat. *Med. u. Sport* 1985; 25(2):57–62.
- Bührle M., Schmidtbleicher D., Der Einfluss von Maximalkrafttraining auf die Bewegungsschnelligkeit. *Leistungssport* 1977; 7:3–10.
- Bührle M., Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schriftenreihe des BiSp, Band 56. Schorndorf: Karl Hofmann 1985.
- Bührle M., Werner E., Muskelquerschnittstraining der Bodybuilder. Aus: Bührle, Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schriftenreihe des BiSp, Band 56. Schorndorf: Karl Hofmann 1985: 199–212.
- Bullough P. G., Goodfellow J., O'Connor J. J., The relationship between degenerative changes and load bearing in the human hip. *Journal of bone and joint surgery* 1973; 55B:746–58.
- Buskies W., Boeckh-Behrens W.-U., Probleme bei der Steuerung der Trainingsintensität im Krafttraining auf der Basis von Maximalkrafttests. *Leistungssport* 1999; 3:4–8.
- Breuning M., Das Krafttraining im Kindes- und Schüleralter als Präventivmaßnahme. *Haltung und Bewegung* 1985; 3:6–22.
- Calais-Germain B., Anatomy of movement. 1st ed. Seattle: Eastland Press 1993.
- Carpenter D. M., Nelson B. W., Low back strengthening for the prevention and treatment of low back pain. *Medicine and science in sports & exercise* 1999; 31/1: 18–24.
- Cassell C., Benedict M., Specker B., Bone mineral density in elite 7- to 9-yr-old female gymnasts and swimmers. *Medicine and science in sports & exercise* 1996; 28(10): 1243–46.
- Charette S. L. et al., Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *Journal of applied physiology* 1991; 70(5): 1912–16.
- Chevrot A., Neue Beurteilung des intersomatischen Gelenks. *Manuelle Medizin* 1996; 34:201–5.
- Chu D. A., Jumping into plyometrics. 1st ed. Champaign, Illinois: Leisure Press 1992.

- Colletti L. A. et al., The effects of muscle building exercise on bone mineral density of the radius, spine and hip in young men. *Calcified Tissue International* 1989; 45: 12–14.
- Colliander E. B., Tesch P., Blood pressure in resistance-trained athletes. *Canadian Journal of Sports Science* 1988; 13:31–34.
- Colosimo A. J., Bassett F. H., Jumper's knee. Diagnosis and treatment. *Orthop. Rev.* 1990; 19:139–49.
- Conroy B. P. et al., Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1993; 25(10):1103–09.
- Cureton K. J. et al., Muscle hypertrophy in men and women. *Medicine and science in sports & exercise* 1988; 20(4):338–44.
- Curry Jr. J., Endurance & strength training help reduce fat. *The Times picayune*, Sept. 1, 1993.
- Curwin S. L., Force and length changes of the gastrocnemius and soleus muscle-tendon units during a therapeutic exercise program and three selected activities. Dalhousie University, MSc Thesis 1984.
- Curwin S. L., Tendon injuries: Pathophysiology and treatment. 27–52. In: Zachazewski J E, Magee D J, Quillen W S.: *Athletic injuries and rehabilitation*. Philadelphia: Saunders Company 1996.
- Denner, A., *Muskuläre Profile der Wirbelsäule*, Bände 1 und 2. 1. Aufl. Köln: Sport und Buch Strauß 1995.
- Di Fabio R. P., Making jargon from kinetic and kinematic chains. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy* 1999; 29(3):142–43.
- Dillman C. J., Murray T. A., Hintermeister R. A., Biomechanical differences of open and closed chain exercises with respect to the shoulder. *J. Sport Rehabil.* 1994, 3:228–38.
- Dordel H. J., Die Muskeldehnung als Maßnahme der motorischen Leistungsverbesserung. 1975; 24:40–45.
- Dudley G. A. et al., Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviat. space Environm. Med.* 1991; 62:543–50.
- Dvorák J., Dvorák V., *Checkliste Manuelle Medizin*. 1. Aufl. Stuttgart: Thieme 1990.
- Ehlenz H., Grosser M., Zimmermann E., *Krafttraining*. 4. Aufl. München: BLV Sportwissen 1991.
- Enoka R. M., *Neuromechanical basis of kinesiology*, 2nd ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics 1994.
- Escamilla R. E., et al., Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1998; 30(4):556–69.
- Faigenbaum A. D., et al., The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. *Pediatrics* 1999; 104(1):e5.
- Falk B., Tenenbaum G., The effectiveness of resistance training in children. *Sports Med.* 1996; 22(3):177–85.
- Featherstone J. F. et al., Physiologic responses to weight lifting in coronary artery disease. *American Journal of Cardiology* 1993; 71(4):287–92.
- Fiatarone M. A., et al., High-intensity strength training in nonagenarians. *JAMA* 1990; 263:3029–34.
- Fiatarone M. A., et al., Exercise Training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *The New England Journal of Medicine* 1994; 330:1769–75.
- Findeisen D. G. R., Linke P.-G., Pickenhain L., *Grundlagen der Sportmedizin*. Leipzig: Barth 1980.
- Fletscher G. et al., Age-related changes in the cervical facet joints. *American Journal of Radiology* 1990; 154: 817–20.
- Fleck S. J., Dean L. S., Resistance-training experience and the pressor response during resistance exercise. *Journal of applied physiology* 1987; 63:116–20.
- Fleck S. J., *Kardiovaskuläre Reaktionen und Adaptationen während Kraftbelastungen*. 302–11. In: Komi et al., *Kraft und Schnellkraft im Sport*. 1. Aufl. Köln: Deutscher Ärzte 1994.
- Fleck S. J., Kraemer W. J., *Designing Resistance Training Programs*. 2nd ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics 1997.
- Freiwald J., *Aufwärmen im Sport*. Reinbek: Rowohlt 1991.
- Freiwald J., *Stretching*. 448–54. In: Engelhardt, M.; Hintermann, B.; Segesser, B.: *GOTS Manual Sporttraumatologie*. 1. Aufl. Bern: Hans Huber 1997.
- Freiwald J et al., *Dehnen – Neuere Forschungsergebnisse und deren praktische Umsetzung*. *Manuelle Medizin* 1999; 37:3–10.
- Frisch H., *Programmierte Therapie am Bewegungsapparat*, 2. Aufl. Berlin: Springer 1996.
- Frontera W. R. et al., Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of applied physiology* 1988; 64:1038–44.
- Fulton M. N. et al., Lower back problems – cause and effect. Gainesville, Florida 1990.
- Gainor B. J. et al., The throw: biomechanics and acute injury. *The american journal of sports medicine* 1980; 8(2):114–18.
- Garbe G., Trainingstherapie der myogenen dysbalancierten Lumbalgie unter Berücksichtigung der Körperhaltung. *Orthopädische Praxis* 1992; 28(2):91–95.
- Garbe G., Präventives und rehabilitatives Muskeltraining. *Orthopädische Praxis* 1989; 25(2):77ff.
- Garbe G., Gottlob A., *Das neue Range Limiter System*. Großelach: Druckschrift der Firma Galaxy Sport 1991.
- Gettmann L. R., Pollock M. L., Circuit weight training: a critical review of its physiological benefits. *Physician in Sportsmedicine* 1981; 9:44–60.
- Ghilarducci L. E., Holly R. G., Amsterdam E. A., Effects of high resistance training in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1989; 64(14):866–70.
- Goldberg A. L., Etlinger J. D., Goldspink D. F., Jablecki C., Mechanisms of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports* 1975; 7:248–61.
- Goldberg L., Elliot D. L., Kuehl K. S., Cardiovascular changes at rest and during mixed static and dynamic exercise after weight training. *Journal of Applied Sport Science Research* 1988; 2:42–45.
- Gotshalk L. A. et al., Hormonal responses of multiset versus single-set heavy resistance exercise protocols. *Canadian journal of applied physiology* 1997; 22:244–55.

- Gottlob A., Einsatz- oder Mehrsatztraining. Sport & Fitness 1999; 5:100–102.
- Gottlob A., Krafttraining – Historie, Perspektiven, Zielgruppen. Bodylife 1998; 5:45–58.
- Gottlob A., Unveröffentlichte Untersuchung. Entwicklung der Hüftabduktionsfähigkeit bei 12 Fitness Sportlern durch ein differenziertes 8 wöchiges Krafttraining. Febr.–April 1997.
- Gottlob A., Auxotonisches Training. Sportrevue 1991; 7:39.
- Gottlob A., Unveröffentlichte Untersuchung 1987–90. Entwicklung der Kraftwerte von 47 Fitness Sportlern im Alter zwischen 26 und 48 Jahren über ein 12 bis 30-monatiges Krafttraining.
- Gottlob A., Analyse von Kampftechniken. Budo International 1987; 11:60–63.
- Gottlob A., Unveröffentlichte Untersuchung 1984–86. Eingangs-Krafttests an 450 Fitness Sportlern im Alter zwischen 20 und 60 Jahren.
- Gracovetsky S. A., Farfan H. F., Helleur C., The abdominal mechanism. Spine 1985; 10:317–24.
- Gracovetsky S. A., Farfan H. F., Lamy C., The mechanism of the lumbar spine. Spine 1981; 6:249–62.
- Granhed H., Jonson R., Hansson T., The loads on the lumbar spine during extreme weight lifting. Spine 1987; 12:146–49.
- Graves J. E. et al., Quantitative assessment of full range-of-motion isometric lumbar extension strength. Spine 1990; 15:289–94.
- Graves J. E. et al., Specificity of limited range of motion variable resistance training. Med. Sci. Sports Exerc. 1989; 21(1):84–89.
- Green H. et al., Regulation of fiber size, oxidative potential, and capillarization in human muscle by resistance exercise. Am J Physiol 1999; 276:R591–96.
- Grosser M., Zimmermann E., Ehlers H., Zu den Voraussetzungen, Inhalten, Methoden der Periodisierung und den Grenzen des Krafttrainings für Sprinter (100 m-Lauf). In: M. Bührle (Hrsg.), Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schriftenreihe des BiSp, Band 56. Schorndorf: Karl Hofmann 1985.
- Grosser M., Starischka S., Das neue Konditionstraining. 6. Aufl. München: BLV Sportwissen 1998.
- Gustavsen R., Strebeck R., Trainingstherapie. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme 1997.
- Hackney R., Wallace A., Sports medicine handbook. London: BMJ Books 1999.
- Hagberg J. M. et al., Effect of weight training on blood pressure and hemodynamics in hypertensive adolescents. J Pediatr. 1984; 104:147–51.
- Hahn v. Dorsche H., Sasse D., Taschenbuch der Anatomie, Band 1. 1. Aufl. Stuttgart: G. Fischer 1994.
- Harman E., Resistive torque analysis of five Nautilus exercise machines. Medicine and science in sports and exercise. 1983;15:113.
- Harris K A, Holly R G., Physiological response to circuit weight training in borderline hypertensive subjects. Medicine and science in sports and exercise. 1987; 19:246–51.
- Hartard M., Vortrag anlässlich des 2.Kongresses der Gesellschaft für Med. Kräftigungstherapie am 27.3.1998 in Zürich.
- Hatfield F C., Power a scientific approach. 1st ed. Chicago, USA: Contemporary Books 1989.
- Hather B. M. et al., Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. Acta Physiol. Scand. 1991; 143:177–85.
- Hay J. G., Biomechanische Grundlagen der Kraftentwicklung. In: Komi et al., Kraft und Schnelkraft im Sport. 1.Aufl. Köln: Deutscher Ärzte 1994.
- Hennig E., Podzielny S., Die Auswirkungen von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 1994; 45(6): 253–60.
- Hepp T., Wolfgang Güllich – Leben in der Senkrechten. Rosenheim: Rosenheimer 1993.
- Hepple R. T. et al., Resistance and aerobic training in older men: effects on VO₂peak and the capillary supply to skeletal muscle. J Appl Physiol. 1997; 82(4): 1305–10.
- Hickey D. S., Hukins D. W. L., Relation between the structure of the Anulus fibrosus and the function and failure of the intervertebral disc. Spine 1980; 5:110–16.
- Hildebrandt J., Göttinger Rücken Intensiv Programm. Der Schmerz 1996; 10:190ff.
- Hollmann W., Körperliches Training als Prävention von Herz-Kreislaufkrankheiten. Stuttgart: Hippokrates 1965.
- Hollmann W., Hettinger T., Sportmedizin. 3. Aufl. Stuttgart, New York: Schattauer 1990.
- Hollmann W., Über neuere Aspekte von Gehirn, Muskelarbeit, Sport und Psyche. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 1993; 44(10):478–90.
- Hollmann W., Gehirn und muskuläre Arbeit. Vortrag auf der Bodylife Fachtagung in Karlsruhe am 30.8.1996.
- Hollmann W., Altern, Training, Leistungsfähigkeit. Vortrag auf der Bodylife Fachtagung in Karlsruhe am 31.8.1996.
- Holloszy J. O., Exercise, health and aging: A need for more information. Medicine and Science in Sports and Exercise 1983; 15:1–5.
- Holmdahl D. C., Ingelmark R. E., Der Bau des Gelenknorpels unter verschiedenen funktionellen Verhältnissen. Acta Anatomica 1948; 6:113–16.
- Hooper D. M. et al., Three dimensional moments in the lumbar spine during asymmetric lifting. Clin. Biomech. 1998; 13(6):386–93.
- Howald H., Veränderungen der Muskelfasern durch Training. Leistungssport 1989; 2:18–24.
- Hunter G. R. et al., Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. The American Physiological Society; APstracts 21.6.2000.
- Hurley B. F. et al., Resistive training can reduce coronary risk factors without altering VO_{2max} or percent body fat. Medicine and Science in Sports and Exercise 1988; 20:150–54.
- Hutton W. C., Adams M. A., Can the lumbar spine be crushed in heavy lifting? Spine 1982; 7:586–90.

- Hutton W. C., Die auf ein lumbales Intervertebralgelenk einwirkenden Kräfte. *Manuelle Medizin* 1992; 30:5–7.
- Ingelmark B. E., Morpho-physiological aspects of gymnastic exercise. *Federation Internationale de l'Education Physique* 1957; 27:37–41.
- Irwin K. D., Palmieri J., Siff W., Roundtable: Training variation. *Strength and Conditioning Journal* 1990; 12:14–24.
- Israel S., Sport mit Senioren. 1. Aufl. Heidelberg: Hüthig, Barth 1995.
- Israel S., Optimales Training für alte Menschen. Vortrag anlässlich der Bodylife-Fachtagung in Karlsruhe am 30.8.1997.
- Jacobs R., Bobbert M. F., van Ingen Schenau G. J., Mechanical output from individual muscles during explosive leg extensions: the role of biarticular muscles. *J. Biomechanics* 1996; 29(4):513–23.
- Jäger M., Luttmann A., Laurig W., Die Belastung der Wirbelsäule beim Handhaben von Lasten. *Der Orthopäde* 1990; 19:132–39.
- Janda V., Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik. 3. Aufl. Berlin: Ullstein Mosby 1994.
- Johnson M. A. et al., Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. *Journal of the neurological sciences* 1973; 18:111–29.
- Jonath U., Krafttraining mit Schülern und Jugendlichen. 131–38. In: Ahsbals, H.: *Leichtathletik – für Jugend und Schüler*. 2. Aufl. Berlin: Bartels & Wernitz 1974.
- Kainberger F. M. et al., Injury of the achilles tendon: diagnosis with sonography. *American journal of roentgenology* 1990; 155:1031–36.
- Kapandji I A., Funktionelle Anatomie der Gelenke. Bände 1 bis 3. 1. Aufl. Stuttgart: Enke 1984.
- Kelley G. A., Kelley K. S., Progressive resistance exercise and resting blood pressure: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Hypertension* 2000; 35(3): 838–43.
- Kendall F. P., Kendall Mc Creary E., *Muskeln Funktionen und Test*. 2. Aufl. Stuttgart: Gustav Fischer 1988.
- Kerr D. et al., Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site specific and load dependent. *J. Bone Miner. Res.* 1996; 11(2):218–25.
- Kessler M. et al., Veränderungen des Schmerzerlebens durch Muskeltraining bei Rückenschmerzpatienten. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 1993; 9:379–92.
- Kibele A., *Maximalkraftzuwachs ohne Leistungsgewinn? Leistungssport* 1998; 3:45–49.
- Kiviranta I. et al., Moderate running exercise augments glycosaminoglycans and thickness of articular cartilage in the knee joint of young beagle dogs. *Journal of orthopaedic research* 1988; 6:188–95.
- Klee A., *Haltung, muskuläre Balance und Training*. Beiträge zur Sportwissenschaft Bd. 20. Frankfurt: Harri Deutsch 1994.
- Kleinöder H., Mester J., Belastungen des Schlagarmes durch Handgelenk- und Unterarmaktionen im Tennis. Vortrag beim 35. Deutschen Sportärztekongress in Tübingen 1997.
- Klitgaard A. et al., Function, morphology and protein expression of ageing skeletal muscle: a cross-sectional study of elderly men with different training backgrounds. *Acta Physiologica Scand* 1990; 140:41–54.
- Knebel K.-P., *Funktionsgymnastik*. Reinbek: Rowohlt 1990.
- Komi P. V., Fukushiro S., Jarvinen M., Biomechanical loading of achilles tendon during normal locomotion. *Clin. Sports Med.* 1992; 11:521–31.
- Komi P. V., *Kraft und Schnellkraft im Sport*. 1. Aufl. Köln: Deutscher Ärzte 1994.
- Kong W. Z. et al., Effects of muscle dysfunction on lumbar spine mechanics. *Spine* 1996; 21:2197–207.
- Kontulainen S. et al., In adolescence obtained, exercise-induced bone gain seems not to disappear by time despite decreased activity. *Journal of the American college of sports medicine* 1998; 30/5:1656.
- Kraemer W. J., Fleck S. J., *Strength Training for Young Athletes*. 1st ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics 1993.
- Kraemer W. J. et al., Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int. J. Sports Med.* 1987; 8:247–52.
- Kraemer W. J., Kolditz D., Gowin R., Water and electrolyte content of human intervertebral discs under variable load. *Spine* 1985; 10:69–71.
- Kraemer W. J. et al., Hormonal and growth factor responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Journal of Applied Physiology* 1990; 69: 1442–50.
- Kraemer W. J. et al., Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *International Journal of Sports Medicine* 1991; 12:228–35.
- Kraemer W. J., Endokrine Reaktionen und Adaptationen unter einem Krafttraining. Aus: Komi et al., *Kraft und Schnellkraft im Sport*. 1. Aufl. Köln: Deutscher Ärzte 1994: 290–301.
- Kraemer W. J. et al., Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol* 1999; 87(3):982–92.
- Kreighbaum E., Barthels K. M., *Biomechanics*. 3rd ed. New York: Macmillan Publishing 1990.
- Kuno S. et al., Changes in muscle of hip joint muscle with aging. *Medicine and science in sports and exercise* 1998; 30/5:410.
- Larsen C., *Die zwölf Grade der Freiheit*. 1. Auflage Petersberg: Via Nova 1995.
- Larsson L., Grimby G., Karlsson J., Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J. Appl. Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol* 1979; 46(3):451–56.
- Latham N. K., Vanden Noven S., Will muscle compartmentalization affect our practice? *Physiother. Can.* 1996; 48:92–95.
- Layne J. E., Nelson M. E., The effects of progressive resistance training on bone density. *Medicine & Science in sports & exercise* 1998; 31/1:25–30.
- Lee I.-M., Manson J. E., Hennekens C. H., Paffenbarger R. S., Body weight and mortality: a 27 year follow-up of middle-aged men. *Journal of the American Medical Association* 1993; 270:2823–28.

- Lees B. et al., Differences in proximal femur bone density over two centuries. *The Lancet* 1993; 341:673–75.
- Legget S. H. et al., Quantitative assessment of full range-of-motion lumbar extension strength. *Medicine & Science in sports & exercise* 1988; 20/2:87.
- Lemme W., Boxen. 258–66. In: Engelhardt, M.; Hintermann, B.; Segesser, B.: *GOTS Manual Sporttraumatologie*. 1. Aufl. Bern: Hans Huber 1997.
- Lephart S. M., Henry T J., The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *Journal of Sport Rehabilitation* 1996; 5:71–87.
- Lexell J. et al., Heavy-resistance training in older Scandinavian men and women: short- and long-term effects on arm and leg muscles. *Scand J Med Sci Sports* 1995; 5(6):329–41.
- Liesen K. H., Vortrag anlässlich der Bodylife-Fachtagung in Karlsruhe am 30.8.1997.
- Lohrer H., Alt W., Kunstturnen. 356–63. In: Engelhardt, M.; Hintermann, B.; Segesser, B.: *GOTS Manual Sporttraumatologie*. 1. Aufl. Bern: Hans Huber 1997.
- Luttgens K., Hamilton N., *Kinesiology*, 9th ed. Madison Wisconsin: Brown & Benchmark 1997.
- MacDougall J. D. et al., Biochemical adaptation of human skeletal muscle to heavy resistance training and immobilization. *Journal of Applied Physiology* 1977; 43: 700–03.
- MacDougall J. D. et al., The time course for elevated muscle protein synthesis following heavy resistance exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology* 1995; 20(4):480–86.
- Malone T. R., McPoil T. G., Nitz A. J., *Orthopedic and Sports Physical Therapy*. 3rd ed. St.Louis Missouri: Mosby 1997.
- Manning R. J. et al., Constant vs variable resistance knee extension training. *Medicine and science in sports and exercise* 1990; 22/3:397–401.
- Manniche C. et al., Clinical trial of intensive muscle training for chronic low back pain. *The Lancet* 1988; 1473–76.
- Marras W. S., Davis K. G., Spine loading during asymmetric lifting using one versus two hands. *Ergonomics* 1998; 41(6):817–34.
- Marras W. S., Granata K. P., Spine loading during trunk lateral bending motions. *Journal of biomechanics* 1997; 30:697–703.
- Martel G. F. et al., Strength training normalizes resting fibrod pressure in 65- to 73-year-old men and women with high normal blood pressure. *J Am Geriatr Soc* 1999; 47(10):1215–21.
- Martin L. et al., An exercise program in the treatment of fibromyalgia. *Journal of rheumatology* 1996; 23:1050.
- Martinsen E. W., Benefits of exercise for the treatment of depression. *Sports Med* 1990; 9(6):380–89.
- Martinsen E. W. et al., Physical training as a therapeutic method in depression. *Tidsskr nor Laegeforen* 1989; 109(11):1175–76, 1187.
- Marx J. O. et al., The effects of a low-volume progressive resistance exercise program versus a high-volume periodized resistance exercise program on muscular performance in women. In: Häkkinen K.: *International Conference on Weightlifting and strength training*. Conference Book. Lahti 10.–12.11.1998: 167–68.
- Mayer T. G. et al., Quantification of lumbar function. Part 2: Sagittal plane trunk strength in chronic low-back pain patients. *Spine* 1985; 10:765–72.
- McCall G. E. et al., Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J. Appl. Physiol.* 1996; 81(5):2004–12.
- McCartney N., Acute responses to resistance training and safety. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1999; 31(1):31–37.
- McGee D. et al., Leg and hip endurance adaptations to three weight training programs. *J. Appl. Sports Sci. Res.* 1992; 6:92–95.
- Micheli L. J., Pediatric and adolescent sports injury: Recent trends. *Exercise and Sport Science Review* 1986; 14:359–74.
- Misner S. E. et al., Alterations in the body composition of adult men during selected physical training. *Journal of the american geriatrics society* 1974; 22:33–38.
- Morgan D L., Proske U, Warren D., Measurements of muscle stiffness and the mechanism of elastic storage of energy in hopping kangaroos. *Journal of Physiology* 1978; 282:253–61.
- Moroney S. P., Schultz A. B., Miller J. A. A., Analysis and measurement of neck loads. *Journal of Orthopedic Research* 1988; 6:713–20.
- Morrissey M. C., Harman E. A., Johnson M. J., Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1995; 27(5):648–60.
- Mow V C, Holmes M. H., Lai W. M., Fluid transport and mechanical properties of articular cartilage. *Journal of biomechanics*. 1984; 17:377–94.
- Mrazek J, Rittner V., Wunschobjekt Körper. *Psychologie Heute* 1986; 13(12):62–68.
- Müller H., *Gespräche im Olympiastützpunkt Rhein-Neckar* in 2000.
- Nachemson A. L., Andersson G. B. J., Schultz A. B., Valsalva maneuver biomechanics. *Spine* 1986; 11: 476–79.
- Nakagawa Y. et al., Effect of disuse on the ultrastructure of the achilles tendon in rats. *European journal of applied physiology* 1989; 59:239–42.
- Nelson B. W., A rational approach to the treatment of low back pain. *The journal of musculoskeletal medicine* 1993; 5:67–82.
- Nelson M. E. et al., Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. *JAMA* 1994; 272:1909–14.
- Nilsson B. E., Westling N. E., Bone density in athletes. *Clinical orthopaedics* 1971; 77:179–82.
- Nordin M., Frankel V. H., *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger 1989.
- Ortengren, R; Andersson, G B J, Nachemson A L, Studies of relationships between lumbar disc pressure, myo-

- electric back muscle activity, and intra-abdominal pressure. *Spine* 1981; 6:98–103.
- Palmitier R. A. et al.**, Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports medicine* 1991; 11(6):402–13.
- Panjabi M. M., Pope M. H.**, Vortrag anlässlich des Kongresses der „International Society for the Study of the Lumbar Spine“ Mai 1991 in Zürich.
- Panjabi M. M., Abumi K., Duranceau J., Oxland T.**, Spinal stability and intersegmental muscle forces. *Spine* 1989; 14:194–200.
- Parkkola R., Rytökoski U., Kormanen M.**, Magnetic resonance imaging of the discs and trunk muscles in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. *Spine* 1993; 18:830–36.
- Pauwels F.**, Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates. Berlin: Springer 1965.
- Pearcy M. J., Bogduk N.**, Instantaneous axes of rotation of the lumbar intervertebral joints. *Spine* 1988; 13: 1033–41.
- Pearcy M. J.**, Scherbelastungen des Discus intervertebralis bei physiologischen Bewegungen. *Manuelle Medizin* 1991; 29:80–83.
- Peterson L., Renström P.**, Verletzungen im Sport. 1. Aufl. Köln: Deutscher Ärzte 1987.
- Pizzimenti MA.**, Mechanical analysis of the Nautilus leg curl machine. *Can J Sport Sci* 1992; 17(1):41–48.
- Platzer W.**, Taschenatlas der Anatomie, Band 1: Bewegungsapparat. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme 1991.
- Poliquin C.**, Theory and methodology of strength training. 1st ed. Napa Valley, California: Dayton Writers Group 1996.
- Rauschnig A.**, Vortrag anlässlich des Kongresses der „International Society for the Study of the Lumbar Spine“ Mai 1991 in Zürich.
- Revel M., et al.**, One-year psoas training can prevent lumbar bone loss in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Calcif Tissue Int* 1993; 53(5): 307–11.
- Riegger-Krugh, C.**, Bone. 3–46. In: Malone T R et al.: Orthopedic and Sports Physical Therapy. 3rd ed. St.Louis Missouri: Mosby 1997.
- Ritsch M.**, Bodybuilding. 378–84. In: Engelhardt, M.; Hintermann, B.; Segesser, B.: GOTS Manual Sporttraumatologie. 1. Aufl. Bern: Hans Huber 1997.
- Roberts S., Weider B.**, Strength and Weight Training for Young Athletes. 1st ed. Chicago: Contemporary Books 1994
- Rohen J. W.**, Funktionelle Anatomie des Menschen. 8. Aufl. Stuttgart, New York: Schattauer 1994.
- Rohlmann A. et al.**, In vivo measurement of implant loads in a patient with a fractured vertebral body. *European Spine Journal* 1995; 4: 347–53.
- Rost R. et al.**, Die Kreislaufverhältnisse während der Preßdruckprobe. *Sportarzt und Sportmedizin*. 1974; 6: 119–25.
- Roy S. H., De Luca C. J., Casavant D. A.**, Lumbar muscle fatigue and chronic lower back pain. *Spine* 1989; 14/9: 992–1001.
- Rutherford O M, Jones D. A.**, The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol* 1986; 55:100–05.
- Sabo D. et al.**, Einfluß spezifischer Trainingsprogramme auf die Mineralisationsdichte des Knochens. *Phys. Med. Rehab.-Med. Kurortmed* 1995; 5(2):37–41.
- Salminen J. J., Maki P., Oksanen A., Pentti J.**, Spinal mobility and trunk muscle strength in 15-year-old schoolchildren with and without low-back pain. *Spine* 1992; 17/4:405–11.
- Sanborn K. et al.**, Performance effects of weight training with multiple sets not to failure versus a single set to failure in women: a preliminary study. In: Häkkinen K.: International Conference on Weightlifting and strength training. Conference Book. Lahti 10.–12.11.1998: 157–58.
- Schantz P.**, Capillary supply in hypertrophied human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand* 1982; 114:635–37.
- Schlumberger A., Schmidtbleicher D.**, Einsatz-Training als trainingsmethodische Alternative – Möglichkeiten und Grenzen. *Leistungssport* 1999; 10:9–11.
- Schmidtbleicher D.**, Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit. Dissertationsschrift Bad Homburg, Limpert 1980.
- Schmidtbleicher D.**, Training in Schnellkraftsportarten. Aus: Komi et al., Kraft und Schnellkraft im Sport. 1. Aufl. Köln: Deutscher Ärzte 1994: 374–87.
- Schmidtbleicher D., Gollhofer A.**, Spezifische Krafttrainingsmethoden auch in der Rehabilitation. *Sportverl. – Sportschad.* 1991; 5: 135–41.
- Scoville C. R. et al.**, End range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios: A new perspective in shoulder strength assessment. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 1997; 25:203–07.
- Sewall L., Micheli L. J.**, Strength training for children. *J Pediatr Orthop* 1986; 6:143–46.
- Simkin A., Ayalon J., Leichter I.**, Increased trabecular bone density due to bone-loading exercises in postmenopausal osteoporotic women. *Calcif. Tissue Int.* 1987; 40:59–63.
- Singh N. A., Clements K. M., Fiatarone M. A.**, A randomized controlled trial of progressive resistance training in depressed elders. *J Gerontology* 1996; 52A.
- Singh N. A., Clements K. M., Fiatarone M. A.**, A randomized controlled trial of the effect of exercise on sleep. *Sleep journal* 1997; 20(1):40–46.
- Smidt G. et al.**, Assessment of abdominal and back extensor function. A quantitative approach and results for chronic low-back patients. *Spine* 1983; 8:211–19.
- Smith L. K., Weiss E. L., Lehmkuhl L. D.**, Brunnstrom's Clinical Kinesiology, 5th ed. Philadelphia: F.A. Davis Company 1996
- Spanke B.**, Symmetrisches Training. *Bodylife* 1991; 13: 30–32.
- Spring H.**, Muskelfunktionsdiagnostik nach Janda. Ergebnisse einer Untersuchung an Skirennfahrern. *Schweiz Z Sportmedizin* 1981; 29:143–46.
- Staff P. H.**, The effect of physical activity on joints, cartilage, tendons and ligaments. *Scandinavian Journal of social medicine* 1982; 290:59–63.

- Steindler A., *Kinesiology of the human body*. Springfield Illinois: Charles C. Thomas 1973.
- Stemper T., *Effekte des gerätegestützten Fitnesstrainings*. 1. Aufl. Hamburg: SSV 1994.
- Stone M. H., *Implications for connective tissue and bone alterations resulting from resistance exercise training*. *Medicine and science in sports & exercise* 1988; 20(5):S162–S168.
- Stone M. H. et al., *Cardiovascular responses to short-term Olympic style weight-training in young men*. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 1983; 8:134–39.
- Stowers T. et al., *The short-term effects of three different strength-power training methods*. *NSCA journal* 1983; 5:24–27.
- Strickland E. et al., *In vivo contact pressures during rehabilitation, part I: acute phase*. *Physical Therapie* 1992; 72:691.
- Tabachnik B., *Vortrag anlässlich des Kongresses „Club Industry“ November 1996 in Chicago, USA*.
- Tencer A. F., Johnson K. D., *Biomechanics in Orthopedic Trauma*. London: Martin Dunitz 1994.
- Tesch P. A., Colliander E. B., Kaiser P., *Muscle metabolism during intense, heavy-resistance exercise*. *European Journal of Applied Physiology* 1986; 55:362–66.
- Tipton C. M. et al., *The influence of physical activity on ligaments and tendons*. *Medicine and science in sports* 1975; 7/3:165–75.
- Tittel K., Schmidt H., *Die funktionelle Anpassungsfähigkeit des passiven Bewegungsapparates an sportliche Belastungen*. *Medizin und Sport* 1974; 14: 129–36.
- Tittel K., *Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen*. 12. Aufl. München: Urban & Fischer 2000.
- Tittel K., *Funktionelle Anatomie und Biomechanik der Sprunggelenke*. *Sport + Medizin* 1997; 4: 172ff.
- Toth M. J., Beckett T., Poehlmann E. T., *Physical activity and the progressive change in body composition with aging: current evidence and research issues* 1999; 31(11):S590–S596.
- Treuth M. S. et al., *Reduction in intra-abdominal adipose tissue after strength training in older women*. *Journal of applied physiology* 1995; 78(4):1425–31.
- Ullrich K., Gollhofer A., *Physiologische Aspekte und Effektivität unterschiedlicher Dehnmethoden*. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 1994; 45(9): 336–45.
- Umbach C., Fach H. H., *Muskeltraining in der Schule*. *Sportunterricht* 1990; 39:353–362.
- Vleeming A., et al., *The posterior layer of the thoracolumbar fascia*. *Spine* 1995; 20/7: 753–58.
- Voss Herrlinger von Dorsche, Herwig Hahn, *Taschenbuch der Anatomie Band I Bewegungssystem*. 18. Aufl. Stuttgart: G. Fischer 1985.
- Wallace M. B. et al., *Acute effects of resistance exercise on parameters of lipoprotein metabolism*. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1991; 23:199–204.
- Walther M., Wölfel R., Wagner A., Bär K., *Ein neues biomechanisch begründetes Konzept in der Behandlung der Epicondylitis*. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 1996; 46: 604–5.
- Weicker H., *Biochemische, metabolische und muskuläre Adaptation durch regelmäßige körperliche Aktivität im höheren Alter*. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 1996; 47:240–48.
- Weineck J., *Optimales Training*. 9. Aufl. Balingen: Perimed 1996.
- Weineck J., *Sportbiologie*. 6. Aufl. Balingen: Spitta 1998.
- Weir J. P. et al., *The effect of dynamic constant external resistance training on the isokinetic torque-velocity curve*. *Int J Sports Med* 1993; 14(3): 124–28.
- White A. A., Panjabi M. M., *Clinical biomechanics of the spine*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Company 1990.
- Whiting W. C., Zernicke R. F., *Biomechanics of musculoskeletal injury*. 1st ed. Champaign Illinois: Human Kinetics 1998.
- Wiemann K., Hahn K., *Influences of strength, stretching and circulatory exercises on flexibility parameters of the human hamstrings*. *Intern. J. Sports Med.* 1997; 18: 340–46.
- Wiemann K., *Stretching. Grundlagen, Möglichkeiten, Grenzen*. *Sportunterricht* 1993; 42:91–105.
- Wilke H-J et al., *New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life*. *Spine* 1999; 24/8: 755–62.
- Williams P. E., Goldspink G., *Longitudinal growth of striated muscle fibers*. *J. Cell Sci.* 1971; 9:751–767
- Wirhed R., *Sport-Anatomie und Bewegungslehre*. 2. Aufl. Stuttgart, New York: Schattauer 1994.
- Wolf E., *Untersuchungen zur Muskelkraft und körperlichen Leistungsfähigkeit im Vergleich mit klinischen und röntgenologischen Befunden der Wirbelsäule bei Zustand nach abgelauftenem Scheuermannsyndrom*. *Medizin und Sport* 1980; 20: 148–52.
- Wolff H. D., *Neurophysiologische Aspekte des Bewegungssystems*. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York, Tokio: Springer 1996.
- Woo S. L.-Y. et al., *The biomechanical and biochemical properties of swine tendons. Long term effects of exercise on the digital extensors*. *Connect. Tissue Res.* 1980; 7:177.
- Yessis M., *Kinesiology of exercise*. 1st ed. Indianapolis: Masters Press 1992.
- Zatsiorsky V. M., *Krafttraining – Praxis und Wissenschaft*. Aachen: Meyer & Meyer 1996.
- Zernicke R. F., Garhammer J., Jobe F. W., *Human patellar-tendon rupture*. *J. Bone Joint Surg Am.* 1977; 59(2): 179–83.

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

Glosario de términos médicos

- Acromion** Prominencia de la escápula
- Aducción** Acercamiento a la línea media
- Aferencia** Fibras nerviosas ascendentes, estímulos que son transportados desde los órganos sensitivos periféricos hacia el SNC
- Agonista** Músculo que ejecuta el movimiento
- Anillo fibroso** Anillos laminares del disco intervertebral
- Antagonista** Músculo que realiza la acción contraria
- Anterior** Delante
- Aponeurosis** Tendón amplio de disposición plana que recubre una superficie (por ej. en los músculos abdominales laterales)
- Atlas** Primera vértebra cervical
- Axis** Segunda vértebra cervical
- Caudal** Hacia abajo
- Cervical** En la columna cervical
- Cifosis** Segmento de la columna vertebral curvado de prominencia posterior
- Cintilla iliotibial** Estructura musculotendinosa que se extiende desde el ilion hasta la tibia; esta estructura está sostenida muscularmente por el tensor de la fascia lata y las fibras superiores del glúteo mayor
- Compartimento** Separación muscular entre dos tendones del recto del abdomen. En cada uno de los fascículos del recto del abdomen existen de 4 a 5 compartimentos.
- Compartimento del recto** Ver compartimento
- Contralateral** En el lado contrario
- Coracoides** Apófisis en forma de pico de cuervo de la escápula
- Craneal** En dirección hacia la cabeza
- Cresta ilíaca** Borde superior del hueso ilíaco
- Crunches** Ejercicios de entrenamiento para los músculos abdominales; flexiones abdominales del tronco
- Curl** Movimiento de flexión ; por ej. curl de brazo = ejercicio para los flexores del brazo
- Curva de fuerza** Desarrollo de la fuerza corporal máxima que se puede producir en función del ángulo articular y/o de la amplitud del movimiento de un ejercicio
- Curva de resistencia** Desarrollo de la resistencia ejercida desde el exterior en función del ángulo articular y la amplitud del movimiento
- Diastasis del recto** Separación de ambas vainas del recto con ensanchamiento de la línea alba. Puede aparecer en embarazadas después del parto o bien tras operaciones
- Displasia de cadera** Defecto de formación del acetábulo
- Distal** Alejado de la parte medial del tronco
- Dorsal** Hacia atrás
- Ejercicio salam** Ejercicio de entrenamiento de los músculos abdominales tirando de una polea

- Enfermedad de Bechterew** Osificación progresiva de los discos intervertebrales, especialmente con la edad
- Enfermedad de Scheuermann** Infracción de los platillos vertebrales en la CT (especialmente en la adolescencia, durante la pubertad)
- Entrenamiento concéntrico** Entrenamiento muscular con resistencias $\leq 100\%$
- Entrenamiento excéntrico** Entrenamiento muscular con resistencias $> 100\%$
- Escoliosis** Torsión de la columna vertebral en los tres planos
- Espondilólisis** Fisura del arco vertebral
- Espondilolistesis** Deslizamiento de una vértebra respecto a la otra
- Estructuras pasivas** Por ej. huesos, cápsulas, ligamentos, fascias, tendones y discos. "Pasivo" se refiere aquí sólo a la movilidad, en contraposición a los músculos, que se mueven activamente. En relación con la recepción de estímulos y su conducción, estas estructuras pasivas son igual de activas que los músculos.
- Facilitador** Que ayuda a la realización de un movimiento
- Fase concéntrica** Movimiento vencedor (del peso) del agonista
- Fase excéntrica** Fase de movimiento en la que los agonistas trabajan siguiendo la dirección del peso
- FNP** Facilitación neuromuscular propioceptiva
- Hernia discal** Después de producirse diversas fisuras de los anillos laminares del anillo fibroso, se produce la fuga de parte del núcleo pulposo, pudiendo provocar presión tanto en la médula espinal como en las raíces nerviosas
- Inferior** Por debajo
- Ipsolateral** En el mismo lado
- Lateral** Apartado de la parte medial del cuerpo
- Leg raise** Ejercicio combinado de los flexores de la cadera y de los abdominales con movimiento de las piernas y de la pelvis
- Línea alba** Línea blanca; va del apéndice xifoides a la sínfisis pubiana y se forma por la superposición de las aponeurosis de los músculos abdominales laterales
- Lordosis** Segmento de la columna vertebral curvado de prominencia anterior (ventral)
- Lumbar** En la columna lumbar
- Luxación** Dislocación de una articulación
- Luxación de cadera** Centraje defectuoso de la cabeza del fémur en el acetábulo
- Medial** Hacia la parte media del cuerpo
- Núcleo pulposo** Núcleo de los discos intervertebrales
- Osteoblastos** Células formadoras de hueso
- Osteoclastos** Células destructoras de hueso
- Osteófitos** Formación de esquiras o excrescencias debido a una formación afuncional de tejido óseo
- Palmar** Hacia la superficie interior de la mano
- Peso muerto** Estando en posición erguida, levantar una barra (o bien dos mancuernas) del suelo hasta llegar a la extensión completa del tronco.
- Plantar** Hacia la planta del pie
- Posterior** Detrás
- Press de banca** Estirado con la espalda encima del banco, elevar una barra llevándola desde el pecho hacia arriba hasta la extensión de los brazos

- Pronación** Movimiento de giro de la mano o del pie con la superficie interior de la mano hacia abajo o la planta del pie hacia fuera
- Proximal** Hacia la parte medial del tronco
- Range Limiter** Limitador de movimiento en las máquinas; con él se puede establecer los límites en la posición inicial y final de un movimiento
- Rotatorio** Movimientos alrededor de un punto central
- Segmento vertebral** Una vértebra y los componentes articulares inmediatamente próximos (vértebra, cabeza o sacro). Existen 25 segmentos vertebrales desde craneal C0/C1 hasta caudal L5/S1
- Sentadilla** Con una barra en la cintura escapular, descender hasta la posición en cuclillas (muslos paralelos al suelo) y levantarse de nuevo
- Sinergista** Músculo que ayuda a realizar un movimiento
- Sit-ups** Movimiento de enderezamiento del tronco
- Supinación** Movimiento de giro de la mano o del pie por el que la superficie interior de la mano gira hacia arriba y la planta del pie hacia dentro
- Tenopatía de inserción** Inflamación de la inserción de la vaina tendinosa
- Torácico** En la columna torácica
- Traslatorio** Movimientos lineales
- Trocánter mayor** Prominencia ósea mayor del fémur
- Trocánter menor** Prominencia ósea menor del fémur
- Vaina del recto** Bolsa larga y fibrosa formada por los tendones superficiales (aponeurosis) de los músculos abdominales laterales en cuyo interior discurre el músculo recto del abdomen
- Valgo** Lateralización del componente distal de la articulación
- Varo** Medialización del componente distal de la articulación
- Ventral** Hacia el vientre

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

<http://escueladefutbolcoloradovasquez.blogspot.com/>

Índice alfabético

A

Acción = reacción, 230, 300
Aceleración, 81
 concéntrica, 147
 excéntrica, 148
Adaptación, 28
 de la resistencia, 102
Adenosintrifosfato (ATP), 28
ADM, 103
Adolescentes, 36
Afecciones de la espalda, 245, 315
Agacharse, 217
Agonista, 56
Amplitud del movimiento, 103
Anillo fibroso, 210, 221
Antagonista, 56
Aponeurosis, 289
Aporte energético, 28
Apoyos lumbares, 310
Articulación
 estabilizadora, 143
 intervertebral, 208
 posición final, 108
Articulación de la cadera, 143
 estabilizadores, 143
Articulaciones
 costales, 210
 de la cabeza, 383
 interapofisarias, 206
 vertebrales, 207
Atornillamiento, 226
Aumento de la fuerza, 2
Ayudante, 65

B

Banco de ejercicios, 72

C

Cabezal, 401
Cadena cinética
 abierta, 121
 cerrada, 121
Cadena flexora
 de la cadera, 375
 de la cadera/músculos abdominales,
 375
Calentamiento, 170, 174
 global, 172
 local, 173
Cantidad de estímulo, 178
Capilarización, 28
Cápsula articular, 17
Carga
 axial, 214
 de compresión, 53
 de empuje, 54
 de flexión, 53, 142
 de torsión, 55
 de tracción, 53
por compresión dinámica, 230
 simétrica, 141
Cargas
 de grado final, 107
 de la vida cotidiana, 160
muy dinámicas, 159
Cartílago
 articular, 18
 fibras, 19
 hialino, 18
Cifosis, 206
Cintas de goma, 79
Clubs deportivos, 198
Colisión, 48

- Colocación de la pelvis, 241
 - Columna cervical, 381
 - articulaciones, 383
 - cargas, 384
 - eje de rotación, 393
 - ejercicios combinados, 431
 - ejercicios de extensión, 397
 - ejercicios de flexión, 413
 - ejercicios de inclinación lateral, 421
 - ejercicios de rotación, 427
 - entrenamiento, 392
 - movilidad, 384
 - musculatura, 388
 - Columna vertebral
 - anatomía, 205
 - atornillamiento, 226
 - biomecánica, 211
 - cargas, 214
 - deformaciones, 244
 - inclinación lateral, 293
 - movimientos de rotación, 294, 371
 - sistemas de estabilización, 237
 - Compartimentos del recto, 306
 - Competencia sobre los ejercicios, 78
 - Conducto vertebral, 206
 - Contacto corporal, 64
 - Coordinación, 106
 - Corpúsculos de Pacini, 75
 - Corpúsculos de Ruffini, 76
 - Coxartrosis, 144
 - Cuadrado lumbar, 294
 - Cuello, 381
 - Culturismo, 9, 27
 - Curva de fuerza, 93
 - Curva de resistencia, 94
- D**
- Definiciones de entrenamiento, 86
 - Degeneración, 24
 - Delimitación de la cavidad abdominal, 290
 - Densidad capilar, 29
 - Densidad ósea, 12
 - Deporte de competición, 203
 - Depresión, 38
 - Descarga de flexión, 143
 - Descarga, 143
 - Desequilibrios derecha/izquierda, 137
 - Desequilibrios musculares, 191
 - Destrucción ósea, 13
 - Determinación de los ejes de rotación, 255, 397
 - Diafragma, 289
 - Diámetro óseo, 14
 - Didáctica del entrenamiento, 64
 - Dirección de la fuerza, 47
 - Dirección de las resistencias, 123
 - Disciplinas deportivas
 - asimétricas, 146
 - muy dinámicas, 160
 - Disco intervertebral, 208
 - Dolor
 - agudo, 166
 - calidad, 165
 - crónico, 167
 - del movimiento, 167-168
 - Dorsal largo, 248
 - Dorso plano, 206, 244
 - Dorso redondeado, 206, 244
 - Duración del entrenamiento, 182
- E**
- Edad, 10, 31, 200
 - escolar, 193
 - Efecto crossing, 137
 - Ejercicios
 - aislantes, 121
 - con halteras, 121
 - con máquinas, 121
 - de calentamiento, 173
 - de tracción de la espalda en horizontal, 127

- de tracción de poleas, 121
- libres, 121
- pluriarticulares, 120
- uniarticulares, 120
- Electromiografía (EMG), 58
- Elevación, 218
- Energía, 51
 - cinética, 52, 156
 - potencial, 52
- Enfermedad de Scheuermann, 246
- Enfermedades del aparato locomotor, 24
- Entrenador, 63
- Entrenamiento
 - a gran velocidad, 162
 - con ADM, 107
 - con barras, 78
 - con diversas series, 186
 - con halteras, 121
 - con máquinas, 76
 - de alta velocidad, 160
 - de fitness, 189
 - de la CC, 391
 - de la coordinación, 112
 - de la figura, 191
 - de la fuerza máxima, 86, 161
 - de los extensores del tronco, 251
 - de los flexores de la cadera, 444
 - de una sola serie, 186
 - en circuito, 188
 - isométrico, 110
 - músculos abdominales, 289
 - número de series, 183
 - para la figura, 191
 - piramidal, 187
 - pliométrico, 162
 - progresivo, 176
 - regularidad, 175
- Entrenamiento de la fuerza, 189
 - deporte de competición, 203
 - instalaciones, 198
 - para jóvenes, 193
 - para niños, 193
 - para personas mayores, 200
 - velocistas, 160
- Entrenamiento de los extensores del tronco, 250
 - ejercicios combinados, 284
 - lumbares, 258
 - presa de los cuatro puntos, 257
 - presa de palanca de las costillas, 257
 - torácico, 278
- Entrenamiento de los flexores de la cadera, 444
- Entrenamiento de los músculos abdominales, 289
 - consideración de las fuerzas, 307
 - cuando existen afecciones de espalda, 315
 - inhibición de los flexores de la cadera, 299
 - musculatura recta, 318
 - presas auxiliares, 316
- Equilibrio
 - de fuerzas, 54
 - de momentos, 218
- Equipamiento, 67
- Erector de la columna, 247
- Escoliosis, 244
- Escuela, 198
- Especificaciones para el entrenamiento según la edad, 202
- Espiración, 170
- Espondilólisis, 219
- Espondilolistesis, 246
- Esponjosa, 104
- Estabilización, 112
 - articular, 20
 - ASI, 231
 - de la pelvis, 256, 318
- Estabilizador, 55
- Estímulos de entrenamiento, 177
 - simétricos, 136

Estructura trabecular, 214
Estructuras pasivas, 103, 176
Evolución, 205
Excéntrica dirigida, 97

F

Factores de riesgo, 67
Fascia toracolumbar, 239
Fascias, 17
Fase del movimiento
 concéntrica, 44
 excéntrica, 44
Fibras musculares, 91
 de contracción lenta, 92
 de contracción rápida, 32
Figura, 25
Fijación de los pies, 319
Flexión, 53
Flexores de la cadera, 301
Flujo de fuerzas, 124
Formación de osteófitos, 387
Fosfato de creatina (PC), 28
Frecuencia de entrenamiento, 180
Frenado, 148, 231
Fuerza, 1, 45
 máxima, 86
Fuerza de aceleración, 154
Fuerza de rozamiento, 153
Fuerza del peso, 84
Fuerzas elásticas, 81
Funciones musculares, 57, 59

G

Glucógeno, 28
Grosor cortical, 14

H

Halterofilia, 5
Hernia discal, 315
Hiperplasia, 7
Hipertrofia, 7

Hormona del crecimiento (GH), 31
Hormonas, 30
Husos
 musculares, 75
 tendinosos, 75

I

Iliocostal, 248
Inercia, 81
Infancia, 36
Irrigación del cerebro, 38

L

Lanzamiento de jabalina, 231
Latigazo cervical, 385
Lesiones del aparato locomotor, 24
Ligamento amarillo, 222
Limitador de movimiento, 118
 mecánico, 117
Línea alba, 290
Líquido sinovial, 23
Lordosis, 206

M

Magnitud de las resistencias, 86
Máquinas de tracción de poleas, 98
Máquinas isocinéticas, 154
Masa movida, 156
Mastoides, 391
Material de entrenamiento, 66
Mecanismos de frenado, 232
Medición de la presión intradiscal, 217
Menisco, 19
Metabolismo, 28
 basal, 26
 catabólico, 178
Método posición neutra, 45
Momento de rotación, 48
Movilidad, 10, 107
Movilidad articular
 activa, 108

- pasiva, 107
- Movilidad de la cápsula articular, 104
- Movimiento específico de un deporte, 160
- Movimientos
- básicos, 44
 - de la cabeza, 386
- Musculatura
- abdominal, 289
 - lateral, 345
- Músculos, 22, 26
- abdominales, 289
 - agotamiento, 113, 165
 - aumento de la fuerza, 106
 - aumento de la sección transversal, 6
 - cinchas, 144
 - composición de las fibras, 91
 - crecimiento, 101
 - de la CC, 388
 - de la espalda, 247
 - de la nuca, 388
 - de sostén, 110
 - del movimiento, 110
 - extensores del tronco, 247
 - lesión, 150
 - tiempo de regeneración, 180
- N**
- Nociceptores, 75
- Núcleo pulposo, 208
- Número de repeticiones, 187
- Número de series, 183
- Nutrición deficitaria, 387
- O**
- Oblicuo externo del abdomen, 290
- Oblicuo interno del abdomen, 289
- Organización del entrenamiento, 189
- Osteoblastos, 13
- Osteoporosis, 14
- P**
- Palanca, 218
- Parámetros de entrenamiento, 195
- Participación muscular, 60
- Pausas entre series, 187
- Peak bone mass, 14
- Peso muerto, 435
- PFR, 123
- Planificación del entrenamiento, 175, 189, 201
- Planos corporales, 41
- frontal, 41
 - sagital, 41
 - transversal, 41
- Posición forzada, 113
- comprobación, 114
- Posición lordótica, 243
- Postura, 21
- Potencia (power), 52
- Prensa
- abdominal, 243
 - de piernas, 447
- Preparación para la competición, 182
- Presa
- de los cuatro puntos, 257, 318
 - de palanca en las costillas, 257
- Presión, 52
- Presión arterial, 29
- Presión por compresión, 168
- Principio de la dirección de la resistencia, 135
- Principio de las superseries, 188
- Principio del flujo de fuerzas y de la dirección de las resistencias (PFR), 123
- Principio del flujo de fuerzas, 125
- Principios del entrenamiento de fuerza, 71
- Propiocepción, 74

Protección ASI, 134
Pruebas de admisión, 190
Psique, 38
Psoas ilíaco, 301
Pubertad, 36, 194
Pulso en reposo, 29
Punto de inversión del movimiento, 113

Q

Quemazón muscular, 165

R

Rapidez, 10
Realización de los ejercicios, 63
Receptores de Golgi, 75
Récord mundial de halterofilia, 6
Recto del abdomen, 291, 293
Recto femoral, 301
Regeneración, 178
Resistencia, 78
 relevante para el entrenamiento, 85
Resistencia de la compresión, 214
Respiración
 forzada, 168
 técnica, 168
Rotación
 hacia el lado contrario, 226
 hacia el mismo lado, 226
Rozamiento, 82

S

Seguridad ante el tope, 117
Sensibilidad profunda, 75
Sentadillas, 449
profundas, 120, 451
Series
 intensivas, 189
 negativas, 189
Sinergista, 55
Sistema cardiovascular, 29
Sistema interespinoso, 247

Sistema split, 181
Sistema transversoespinoso, 247
Supercompensación, 179

T

Tasa de síntesis de la proteína muscular, 179
Técnica deportiva, 164
Técnicas de prevención, 217
Tendones, 17
 intermedios, 290
 lesión, 150
Testosterona, 31
Tiempo de recuperación mínimo, 181
Tiempo de regeneración, 178
Tipos de columna vertebral, 205
Tipos de ejercicios, 120
Tipos de resistencias, 79, 80
Tórax, 210
Torsión, 55, 228
Trabajo, 50
 de aceleración, 50
 de elevación, 50
 de estiramiento, 51
 de rozamiento, 51
Tracción, 53
Tracción de poleas, 439
 suestras, 157
Transporte unilateral, 223
Transverso del abdomen, 289
Trapezio, 388
Trombosis, 202

U

Uniones epifisarias, 36

V

Variantes de los ejercicios, 73
Velocidad, 147
Velocidad de contracción, 162
Velocistas, 10