

Ehlenz, Grosser, Zimmermann

Entrenamiento de la fuerza

Fundamentos, métodos, ejercicios y programas de entrenamiento

Este libro estudia en profundidad los fundamentos científicos del entrenamiento de la fuerza, describe pormenorizadamente los diferentes métodos que se practican hoy en día, y propone un amplio muestrario de programas específicos aplicables a las distintas modalidades deportivas.

Músculos, funciones y ejercicios • Tipos y métodos de entrenamiento (fuerza máxima, fuerza explosiva, fuerza resistencia) • Planificación • Medios (balón medicinal, extensores, zapatos con pesas, chaleco de arena, halteras, electroterapia, etc.) • Condiciones (vestimenta, calentamiento, higiene, alimentación, medidas regeneradoras) • Programas.

Entrenamiento de la fuerza

G.600.400 EHL

ISBN 84-270-1448-1



9 788427 014480

 **DEPORTES
TÉCNICAS**

 **DEPORTES
TÉCNICAS**

Colección dirigida por Joan Antoni Prat

Traducción de Wolfgang Simon e Isabel Lledó

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del «Copyright», bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos, así como la exportación e importación de esos ejemplares para su distribución en venta, fuera del ámbito de la Comunidad Económica Europea.

Título original: *Krafttraining*

© 1983, 1987, BLV Verlagsgesellschaft, Munich

© 1990, Ediciones Martínez Roca, S. A.

Gran Via, 774, 7.º, 08013 Barcelona

ISBN 84-270-1448-1

Depósito legal B. 29.144-1990

Impreso por Libersgraf, S. A., Constitució, 19, 08014 Barcelona

Impreso en España - Printed in Spain

Introducción

La fuerza posee una importante función en el aspecto motriz de la vida humana, sobre todo en su vertiente deportiva; no obstante, su mantenimiento y fomento están poco elaborados en la práctica.

Por ello, la presente obra, *El entrenamiento de la fuerza*, que es el primer libro de este tipo, se propone recuperar esta área de tanta trascendencia para la ciencia como para la práctica, estableciendo un nuevo concepto global.

El *estado físico del ser humano* muestra cada vez más insuficiencias, a causa de la falta de movimiento que resulta de la automatización y mecanización progresivas. Las consecuencias que todos conocemos son las enfermedades cardiovasculares, los daños posturales, la debilidad muscular y la obesidad. Las reacciones en masa como el footing, fitness y aerobic pretenden frenar estos peligros; sus efectos se centran sobre todo en la mejora de la resistencia general y, en parte, también de la flexibilidad.

No obstante, el estado general del *deportista de ocio* y la condición física específica del *deportista de élite* dependen también en gran medida de cualidades como la fuerza y la velocidad.

¿Por qué? Un desarrollo deficiente de la fuerza, sobre todo a nivel de los músculos de la espalda, provoca una mala postura del tronco que, a su vez, afecta más de lo necesario o daña el sistema esquelético, ligamentoso y muscular. La falta de fuerza, por otro lado, influye negativamente en los demás factores de la condición física, ya que éstos dependen en mayor o menor grado de la fuerza. Como alternativa para el deporte de ocio se ofrece un compendio de entrenamiento cardiovascular muscular en general, y, para el deporte de alto rendimiento, un entrenamiento fundamental de la fuerza.

Pero para conseguirlo se ha de romper con los prejuicios actualmente existentes respecto al entrenamiento de la fuerza. Algunos deportistas, entrenadores y médicos discuten apasionadamente este tema en muchas disciplinas relativas al deporte de alto rendimiento, que, desde hace años, incluye como mínimo el entrenamiento de la fuerza en sus

entrenamientos de base y de perfeccionamiento. Esta controversia no se debe tanto a este tipo de entrenamiento, sino que proviene de la falta de conocimientos acerca de los fundamentos biológicos y físicos, de los condicionantes generales o concretos y de los métodos prácticos del mismo entrenamiento de la fuerza.

La finalidad de este libro es la de ayudar en este sentido para permitir alcanzar los *múltiples objetivos del entrenamiento de la fuerza*:

1. **El entrenamiento de la fuerza empleado como medida específica del entrenamiento concreto de un deporte** de alto rendimiento o de élite, por ejemplo, la halterofilia, el atletismo, la lucha, el remo, etc., tiene como objetivos específicos:
 - incrementar la fuerza sin aumentar la musculatura o el peso corporal en los deportes con categorías de peso, como el boxeo, la halterofilia, el yudo, la lucha, a los que se añaden muchas «disciplinas de fuerza explosiva»;
 - incrementar la fuerza a través de un aumento de la musculatura o del peso corporal en los deportes en los que esta elevación del peso no tiene importancia o incluso es deseable para mejorar las posibilidades, por ejemplo, el lanzamiento de disco, martillo y peso, las categorías pesadas o abiertas en boxeo, halterofilia, yudo y lucha;
 - modificar la distribución del peso corporal, por ejemplo, en el culturismo.
2. **El entrenamiento de la fuerza como entrenamiento de base** o bien para reducir insuficiencias específicas en el deporte escolar, de ocio, de rendimiento y de alto rendimiento. Por ejemplo, incrementar la fuerza de un grupo muscular concreto, o músculo o sector muscular con o sin aumento muscular o del peso corporal.
3. **El entrenamiento de la fuerza para mejorar la forma física**, es decir, para «fortalecer el cuerpo» de modo global o, más concretamente, para reducir el peso corporal (las grasas, etc.) en caso de obesidad o, por el contrario, para aumentarlo en caso de falta de peso.
4. **El entrenamiento de la fuerza como medida rehabilitativa o regenerativa** en el caso de la recuperación rápida o completa después de lesiones o enfermedad. Por ejemplo, incrementando la fuerza de un determinado grupo o sector muscular o de un músculo, aumentando o no la masa muscular. En estos casos, normalmente se enfoca el incremento de la fuerza hacia un aumento de la masa muscular.

Para estructurar el entrenamiento de la fuerza con eficacia dentro de esta multitud y variedad de objetivos se requiere una correcta aplicación de tipos, métodos, medios y principios específicos de entrenamiento. Ello, a su vez, supone unos conocimientos de la teoría del entrenamiento que no podemos dar por asimilados por parte de cada deportista de ocio, fitness o de élite y que, por tanto, se han de transmitir primero.

El libro tiene por esta razón la siguiente estructura:

- El *capítulo 1* comienza con la exposición amplia de los fundamentos teóricos, abarcando sobre todo los conceptos fisiológicos y físicos de la fuerza y de «sus movimientos», y describiendo los tipos de fuerza que encontramos en la práctica. Este capítulo termina con una comparación entre el hombre y la mujer en cuanto se refiere a la fuerza e, igualmente, entre niños y adolescentes.
- El *capítulo 2* describe los músculos del cuerpo humano más importantes para el entrenamiento de la fuerza, explica sus funciones para el movimiento deportivo, dando ejemplos de ejercicios de fuerza de cada grupo muscular junto con más de cien ilustraciones.
- El *capítulo 3* presenta –en parte con conceptos totalmente nuevos– los tipos y métodos de entrenamiento de la fuerza, lo que resulta importantísimo en la práctica.
- El *capítulo 4* habla del control del entrenamiento de la fuerza, es decir, de su estructuración, planificación, periodización, realización, supervisión y, sobre todo, de los principios de entrenamiento como elementos de control.
- El *capítulo 5* ofrece una visión sinóptica de los medios (aparatos, etc.) más utilizados en el entrenamiento de la fuerza y de las condiciones específicas de entrenamiento, como, por ejemplo, el «calentamiento» o la alimentación.
- El *capítulo 6*, finalmente, expone programas de entrenamiento elaborados para los diferentes deportes y campos de aplicación.

Hemos procurado presentar una temática que es algo compleja de la manera más comprensible, para poder así dirigirnos a personas de orientación teórica y práctica de los siguientes ámbitos:

- entrenadores, monitores, docentes, profesores y médicos;
- estudiantes y colegiados;
- deportistas de rendimiento y de élite de todas las disciplinas;
- culturistas;
- deportistas de ocio y de fitness;
- rehabilitación.

He aquí *otra información para el «practicante»*: el primer capítulo hasta la página 48, inclusive, requiere conocimientos previos de fisiología y puede resultar difícil de entender para aquellos que no están familiarizados con la materia. Pero la temática del capítulo exige una exposición detallada, por lo que no hemos podido prescindir de ella.

No obstante, es factible comenzar la lectura en la página 49. El interesado no dispondrá entonces de algunos conocimientos básicos, pero la realización práctica del entrenamiento de la fuerza no quedará por ello alterada en modo alguno.



Capítulo 1

Los fundamentos de la fuerza muscular

La relación entre la fuerza y el rendimiento deportivo

Ninguna actividad física del ser humano es imaginable sin la fuerza. Sobre todo los rendimientos deportivos sólo se pueden conseguir con la aplicación específica de la fuerza motora.

¿Qué significa la fuerza para el deporte?

La fuerza queda englobada, junto con la velocidad, la resistencia y la flexibilidad, dentro de las llamadas capacidades de condición motriz.¹ Actualmente se define desde las perspectivas física (1) y biológica (2).

1. **Fuerza en el sentido físico** es el producto de la masa por la aceleración; expresado en la fórmula y las magnitudes correspondientes: $F = m \cdot a = [\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = \text{N}]^2$

A partir de la fórmula «fuerza = masa por aceleración» resultan dos conclusiones interesantes para el deporte:

- 1) la aceleración es una medida para la fuerza ejercida: $a = F/m$; y
- 2) una masa (cuerpo) concreta puede recibir una aceleración constante a través de una fuerza constante.³

Desde la perspectiva de la física, una masa (cuerpo, instrumento deportivo) siempre tiende –a causa de la ley de la inercia–⁴ a mantener un estado de reposo o un movimiento existentes previamente.

1. En la bibliografía se utilizan los siguientes conceptos como sinónimos de las capacidades de condición motriz: capacidades o características corporales, características físicas o bien psicofísicas, características (deportivo-)motrices (básicas), factores del rendimiento físico, fundamentos para el rendimiento, características del rendimiento, formas de carga motora.

2. N significa «1 Newton»; es aquella fuerza que otorga la aceleración de $1 \text{ m}/\text{s}^2$ a la masa de 1 kg; 1 Newton corresponde aproximadamente a 0,1 kg.

3. Para más detalles, véase BÄUMLER/SCHNEIDER, *Biomecánica deportiva*, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1989.

4. La medida de la inercia es la masa m indicada.

Las fuerzas pueden modificar convenientemente este estado inerte, es decir que:

- según la *primera ley de Newton*, se requiere una fuerza externa para modificar el estado de reposo o de movimiento;
- según la *segunda ley de Newton*, existe una proporcionalidad entre la modificación del estado (es decir, la modificación de la magnitud de movimiento por unidad de tiempo) y la fuerza externa que interviene; y
- según la *tercera ley de Newton* «actio = reactio», una fuerza aplicada provoca otra fuerza igual pero opuesta.

Si comparamos estas leyes físicas con la definición biológica de la fuerza veremos que tales leyes no se pueden aplicar sin una adaptación:

2. **La fuerza en el sentido biológico** es la capacidad de superar o contrarrestar resistencias mediante la actividad muscular.

Mediante los métodos de la física no se puede establecer una relación matemática clara entre los parámetros que supone la «actividad muscular»: la tensión muscular, la extensión muscular, el metabolismo, etc. Por esta razón es mejor analizar la fuerza para el entrenamiento desde la perspectiva científico-biológica con parámetros fisiológicos y biomecánicos.

Ambas descripciones de la fuerza, física y biológica, tienen una enorme importancia para el análisis y la comprensión de los rendimientos deportivos. En los sucesivos párrafos nos ocuparemos de los aspectos esenciales de ambos campos; para entender mejor la relación entre fuerza y rendimiento estudiaremos primero este último aspecto.

¿Qué es el rendimiento deportivo?

El rendimiento deportivo, por ejemplo, un salto de longitud, un ejercicio gimnástico libre, un slalom de esquí, etc., se ha de considerar como algo complejo, que comprende una cantidad de ámbitos concretos, capacidades, elementos y condicionantes. La figura 1 ofrece un modelo que se aproxima a esta diversidad de componentes.

Estas capacidades, elementos y condicionantes son aspectos diferenciados, pero como ámbitos del rendimiento deportivo (humano) no se pueden delimitar claramente; sus influencias mutuas son siempre grandes, el paso de uno a otro a menudo no se aprecia.

Aparte de este y otros modelos existen actualmente cuatro perspectivas para definir de forma científica el rendimiento deportivo para el entrenamiento:

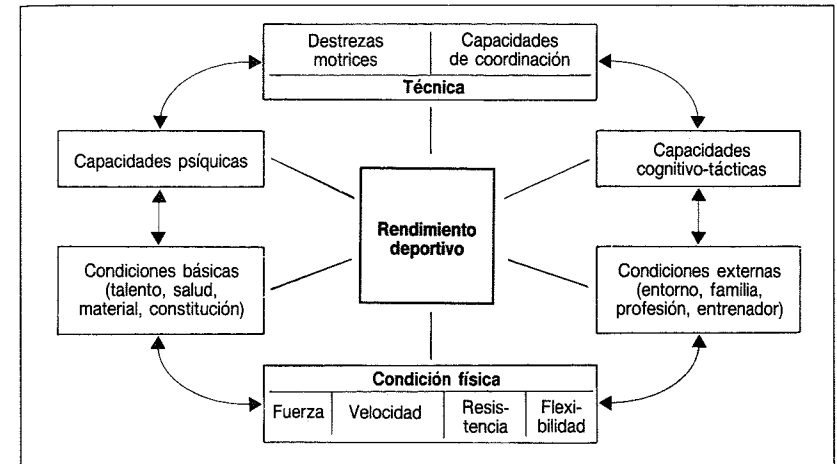


FIGURA 1: El rendimiento deportivo y sus posibles componentes.

1. **La perspectiva pedagógica del entrenamiento**, que considera el rendimiento como la unión entre la realización y el resultado de una acción motriz deportiva orientada según una determinada norma de la sociedad.
2. **La perspectiva de la física**, que ve el rendimiento como el cociente entre el trabajo y el tiempo empleado para el mismo:

$$\text{rendimiento} = \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}} ;$$

$$P = \frac{W}{t} ; \text{ puesto que: trabajo} = \text{fuerza por espacio, resulta:}$$

$$P = \frac{F \cdot s}{t} ; \text{ y como } \frac{s}{t} = v (= \text{velocidad}), \text{ tenemos que:}$$

$$\text{Rendimiento} = \text{fuerza por velocidad, } P = F \cdot v$$

3. **En el aspecto fisiológico**, el rendimiento es igual a consumo de energía por unidad de tiempo.
4. **En el aspecto psicológico**, el rendimiento es la clasificable superación de las pruebas previstas o bien la consecución de unas aptitudes cognitivas, afectivas y psicomotoras especiales.

Ejemplos de la intervención de la fuerza en el rendimiento deportivo

La fuerza motriz interviene en diferentes deportes o rendimientos deportivos de forma muy variada. Esencialmente se trata de tres mani-

festaciones diferentes: la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la fuerza-resistencia. Los siguientes ejemplos lo pondrán más de relieve.¹

Ejemplo halterofilia: fuerza máxima

Característica: Se trata aquí de la máxima fuerza posible que se pueda ejercer voluntariamente frente a una resistencia (en este caso: la barra de pesas).

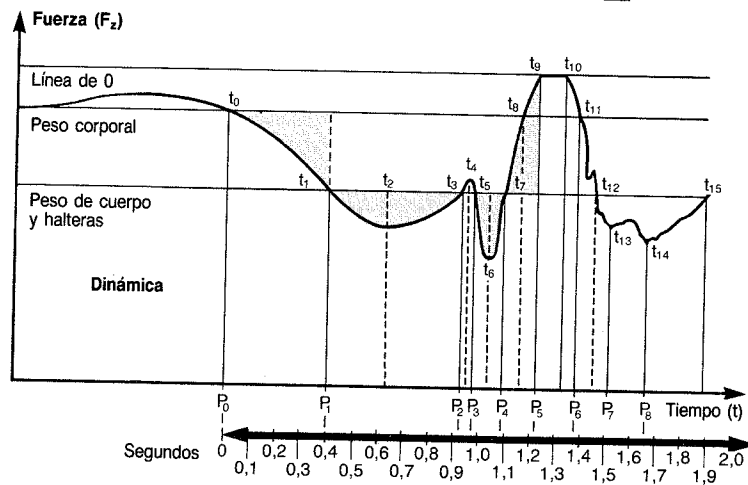
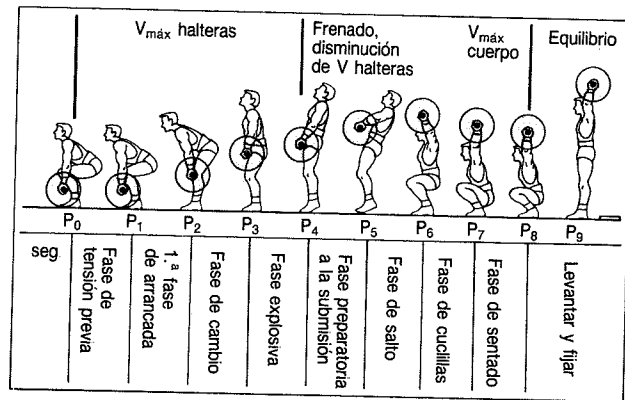
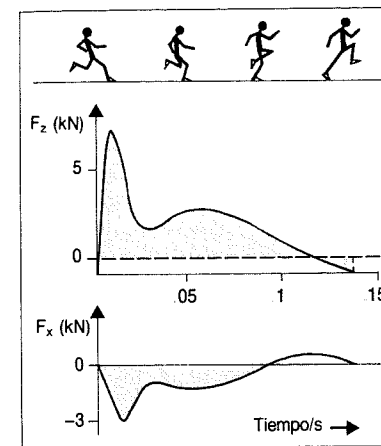


FIGURA 2: Halterófilo y diagrama de fuerza (según SPITZ/PIETKA 1980).

1. Existe también el concepto de *fuerza absoluta*, que se define como la fuerza máxima que se puede desarrollar voluntariamente más las reservas de rendimiento liberadas a través de factores psíquicos y fisiológicos; luego, el concepto de *fuerza relativa*, que expresa la relación entre fuerza máxima y peso corporal.

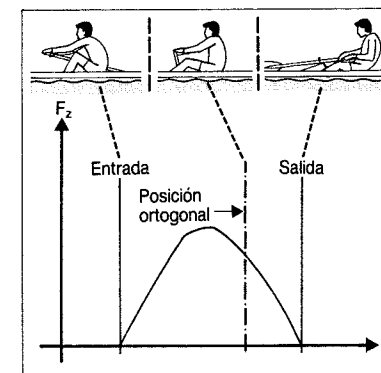
Ejemplo salto de longitud: fuerza explosiva



Característica: Se han de superar resistencias con la máxima velocidad de contracción muscular posible o bien en el menor tiempo posible.

FIGURA 3: Salto de longitud y diagrama del batida-fuerza (tiempos de las fuerzas reactivas del suelo verticales $-F_z-$ y horizontales $-F_x-$ durante la fase de apoyo del salto de longitud, basados en KOLLATH 1980, 93 y 95; puestos a nuestra disposición por el Instituto para Biomecánica de la Escuela Superior de Deporte de Colonia).

Ejemplo remo: fuerza-resistencia



Característica: Se mantiene una fuerza durante un mayor espacio de tiempo frente a resistencias externas e internas.

FIGURA 4: Diagrama de remero-fuerza de tracción (recorrido idealizado, según NOLTE, 1982)

Para poder entender estas y otras manifestaciones de la fuerza hemos de explicar primero algunos aspectos fundamentales; por esta razón describiremos las manifestaciones con mayor detalle en las páginas 59-68. Ahora partimos del supuesto de que las capacidades de la fuerza dependen en sus fundamentos de los siguientes condicionantes y componentes:

- Condiciones biológicas, como estructura muscular, número de fibras musculares, diámetro fibrilar, coordinación intra e intermuscular (control y sensibilidad), velocidad de contracción, fuentes energéticas, procesos bioquímicos, etc.
- Condiciones físico-mecánicas, como ejes, palancas, planos, ángulos de tracción, momentos angulares, etc.
- Edad y sexo.
- Años de práctica, nivel de entrenamiento, motivación, condicionantes generales de la situación.

A continuación nos centraremos en los condicionantes más importantes.

Los fundamentos biológicos de la fuerza

La relación entre el movimiento y la musculatura

Cada movimiento requiere la capacidad de la musculatura esquelética para contraerse. Ésta se convierte así en el «órgano ejecutor» de los movimientos; y de este modo se desarrolla la fuerza que «pone en movimiento» al hombre y a los instrumentos deportivos correspondientes.

La contracción en sí se basa en la coordinación de las llamadas moléculas proteicas contráctiles: actina y miosina. Este fenómeno de la contractilidad no existe sólo a nivel de la musculatura, ya que estas proteínas también se encuentran en otras células. Incluso el movimiento de los glóbulos blancos sigue el principio de interacción entre actina y miosina. A diferencia de estos ejemplos de contracción en muchas células no musculares, que en un determinado nivel integran esta propiedad en el cumplimiento de su función principal, encontramos en la musculatura esquelética un conjunto de células altamente especializadas cuya función principal es la *contracción*.

¿Cómo puede cumplir cada célula del conjunto esta función?

Su mayor contenido de actina y miosina ofrece a la célula mejores condiciones para la contracción frente a una resistencia exterior mayor.

Pero tal cúmulo de proteínas contráctiles aún no es suficiente para disponer de las posibilidades de movimiento que observamos en la musculatura esquelética. Además es importante poder dirigir conscientemente estos conjuntos de células especializadas en la contracción. La finalidad de este perfeccionamiento es la *contracción intencionada y diferenciada en cuanto a la implicación de fuerza y velocidad*. Esto requiere una organización específica, que encontramos realizada en la musculatura esquelética estriada.

Tal perfeccionamiento de las células contráctiles de la musculatura esquelética va en detrimento de su individualidad, pues cuando no reciben ninguna orden para contraerse (por ejemplo, ausencia de las motoneuronas), pierden toda capacidad de autoactivación de una contracción, prescindiendo entonces de su función.

¿Cuáles son pues las características de esa organización específica que convierte al músculo esquelético en un «órgano» que puede realizar movimientos dirigidos? Los siguientes aspectos básicos explican esta cuestión:

1. La estructura de las fibras del músculo esquelético.
2. El control de los impulsos nerviosos que activan la contracción muscular (en condiciones fisiológicas).
3. Las fuerzas energéticas y la regeneración.

La estructura de las fibras del músculo esquelético

Los elementos contráctiles

La unidad celular más pequeña de la musculatura esquelética¹ es la *fibra muscular esquelética*, que es una célula extremadamente alargada con muchos núcleos. Su forma resulta de su tarea, ya que las proteínas contráctiles actina y miosina sólo pueden cumplir óptimamente su función si están situadas en dirección a la contracción deseada: la molécula de miosina se compone esquemáticamente de un segmento alargado (cola) y otro redondo (cabeza de la miosina).

Varias moléculas (unas 400) se agrupan de forma característica en un haz (filamento grueso) (véase fig. 6), de modo que las cabezas sobresalen regularmente del filamento de moléculas de miosina.

Dando una descripción muy esquemática, nos podemos imaginar la actina como una molécula redondeada. La estructura de las moléculas de actina en forma de una «cadena de perlas» de dos hileras constituye el llamado filamento fino. (Más adelante volveremos a hablar de estas estructuras para explicar la contracción.) Esta organización de las molé-

1. Además de la musculatura esquelética, en anatomía se distingue también la lisa (en las paredes de los tejidos) y la cardíaca.

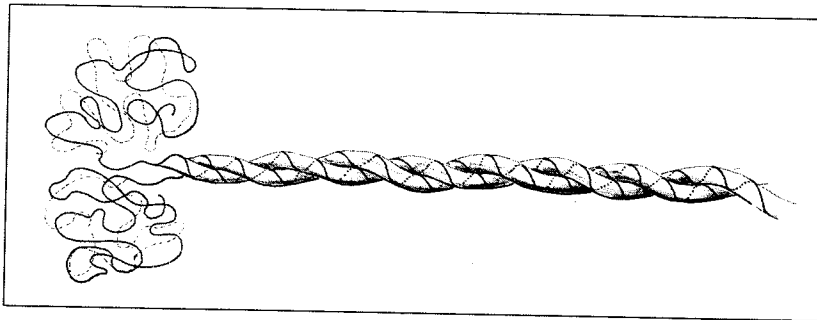


FIGURA 5: Molécula de miosina.

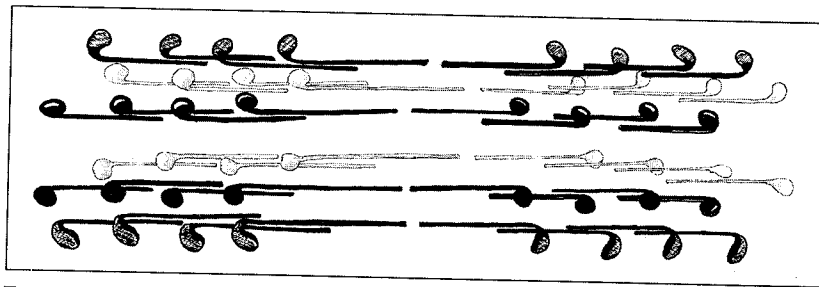


FIGURA 6: Posición de la molécula de miosina en relación al llamado filamento grueso.

culas de proteína en forma de filamentos crea las mejores condiciones para una contracción en una misma dirección:

La sección transversal de una fibra muscular (véase fig. 7) muestra que cada uno de los filamentos de miosina está envuelto por seis fila-

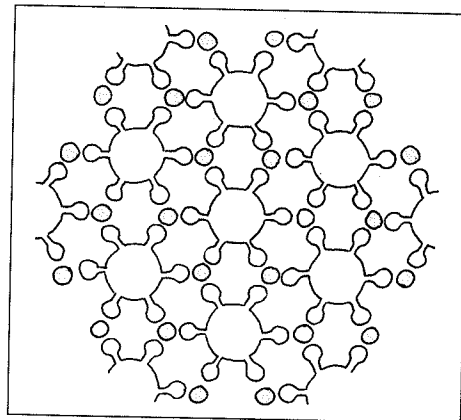


FIGURA 7: Sección transversal de una fibra muscular elementos contráctiles.

tos de actina, de forma que cada cabeza de miosina de los filamentos gruesos puede tomar contacto con una molécula de actina.

La contracción se produce por el hecho de que las cabezas de miosina se van deslizando a lo largo de los filamentos de actina, es decir, que desplazan el filamento de actina en dirección a las partes finales de la miosina. La estructura específica de las moléculas de miosina dentro del filamento grueso permite entonces que ambos finales del filamento de miosina puedan acercarse o alejarse (véase fig. 8, representación en sección longitudinal).

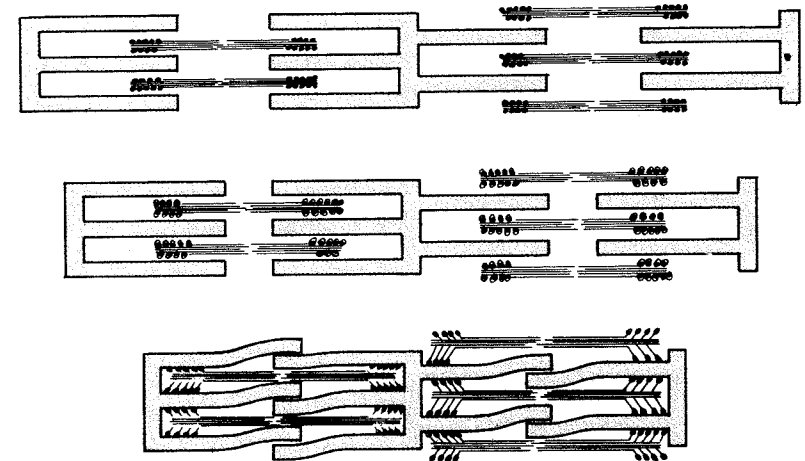


FIGURA 8: Sección longitudinal de una fibra muscular: elementos contráctiles.

En la sección longitudinal se observa que los filamentos disponen del suficiente espacio para deslizarse entre sí. Es factible un acortamiento del 50%, sin embargo, si esto ocurre se superponen los finales de los filamentos de actina; la consecuencia es que ya no se podrán establecer puentes transversales y, con este acortamiento extremo, la fuerza resultará reducida.

La estructura aquí representada (véase fig. 9) es el sarcómero, la unidad contráctil más pequeña dentro de una fibra muscular esquelética.

Tiene una longitud de 2μ ($1\mu = 1$ millonésima parte de un metro) y aunque se puede acortar hasta la mitad de su estado inicial, la extensión sólo llegará hasta unos $2,5\mu$.

La *conexión en serie* de varios sarcómeros configura una miofibrilla cuya longitud determina, a su vez, la longitud de la fibra muscular esquelética. La *conexión paralela* de muchas miofibrillas hace incrementar la fuerza de contracción de la musculatura esquelética, que depende directamente del número de enlaces transversales entre actina y miosina.

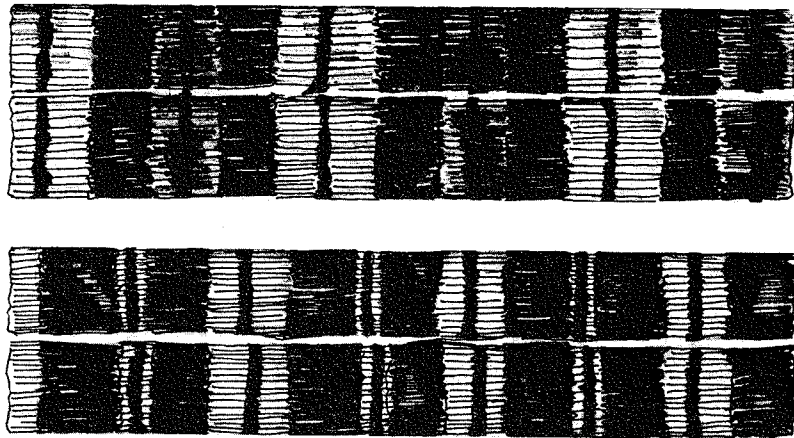


FIGURA 9: Esquema de un sarcómero.

La organización de las proteínas contráctiles o bien de sus filamentos en sarcómeros es especialmente eficaz en cuanto a la funcionalidad de la musculatura esquelética. No sólo es decisivo que se garantice así una contracción en una misma dirección, sino que también incide en la rápida realización de la misma. Esta contracción de las fibras del músculo esquelético se inicia a través de estímulos nerviosos. El tejido excitable se comporta principalmente de forma que necesita un cierto tiempo después de una excitación para poder reaccionar frente a un estímulo nuevo (= fase refractaria).¹

La consecuencia es que después de terminar una contracción de la fibra muscular esquelética no se puede producir otra nueva hasta que haya pasado un cierto tiempo refractario. No obstante, el músculo esquelético dispone de un tiempo refractario tan corto que frente a una serie de estímulos con elevada frecuencia no sólo pueden originarse cada una de las contracciones aisladas, sino que también se pueden sumar. Esta posibilidad se basa en que una nueva contracción no tenga que esperar a que pase el tiempo refractario de toda la fibra muscular sino sólo el de cada sarcómero. Ello se debe a que el primer impulso nervioso provoca la contracción de los primeros sarcómeros cercanos al lugar de contacto entre la placa motora terminal del nervio y la membrana de la fibra muscular esquelética. Mientras los cambios de la membrana llegan a los demás sarcómeros de la zona por contraer, se van relajando los primeros, pudiendo contraerse frente a otro nuevo estímulo.

La reducida longitud de los sarcómeros –que son las unidades más

1. La duración de esta fase depende de cada tipo de tejido.

pequeñas que se contraen en presencia de un estímulo nervioso– en relación a la de la fibra muscular, garantiza un tiempo refractario mínimo (=1mseg; mseg = milésima parte de un segundo), lo que permite que estímulos nerviosos muy seguidos puedan desarrollarse a la vez dentro de la fibra muscular (véase fig. 10).

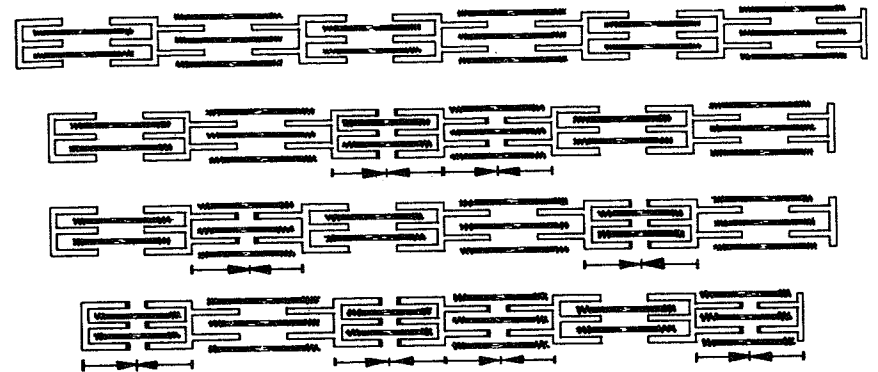


FIGURA 10: Contracción de la fibra muscular esquelética

La frecuencia de estímulos y la duración de la estimulación muscular a través de los impulsos nerviosos son por ello decisivas para la *velocidad de contracción y la magnitud de acortamiento del músculo*.¹

Nivel de fuerza máxima

La fuerza desarrollada depende del número de puentes actina-miosina, independientemente de la frecuencia y la duración de los estímulos. Así se entiende por qué se necesita un cierto tiempo para alcanzar la fuerza máxima disponible en las diferentes fibras musculares. Este tiempo depende de la frecuencia de los impulsos que, a su vez, determina la suma de contracciones de la fibra muscular esquelética y el número de sarcómeros contraídos. El registro de la fuerza máxima de una contracción voluntaria se expresa en el siguiente gráfico (véase fig. 11).

Cuanto antes se alcance una elevada frecuencia de impulsos, menos se tardará en conseguir la fuerza máxima ($t_{m\acute{a}x}$): → incremento del número de puentes actina-miosina, aumentando la frecuencia de impulsos.

El nivel de la fuerza máxima ($F_{m\acute{a}x}$), suponiendo la aplicación óptima de la frecuencia de impulsos a nivel de cada fibra muscular esquelética, depende entonces del número de miofibrillas paralelas.

1. La duración de la contracción isométrica depende de la contracción de los sarcómeros.

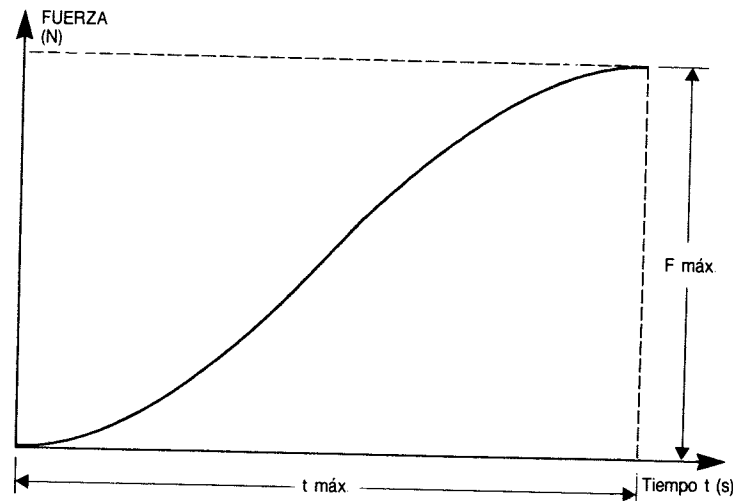


FIGURA 11: Diagrama fuerza-tiempo.

Cuanto más miofibrillas tenga una fibra muscular esquelética, mayor fuerza podrá desarrollar: → incremento del número de puentes actina-miosina uniendo los sarcómeros paralelos.

Antes de centrarnos en la contracción del músculo en su totalidad, debemos hablar primero de las condiciones internas de la fibra muscular esquelética, que están al servicio de la contractibilidad de los sarcómeros y las miofibrillas. Las miofibrillas pueden ocupar hasta el 80% del volumen total de la fibra muscular esquelética. Para poder aprovechar este potencial contráctil se ha de garantizar, sin embargo, que la despolarización de la membrana de la fibra muscular (= disminución del potencial de la membrana, iniciada a través del estímulo nervioso) no alcance durante su propagación a las miofibrillas superficiales que están en contacto directo con la membrana, sino que se transmita a aquellas situadas en la profundidad de la fibra muscular.

La transmisión es más segura y más rápida cuando cada sarcómero tiene contacto directo con la membrana despolarizada. Pero dado que las miofibrillas no pueden ser todas superficiales por su gran cantidad, la membrana celular presenta invaginaciones, el llamado sistema-T (= sistema de túbulos transversales), que garantizan que cada excitación de la membrana afecte a todas las miofibrillas, con un desfase mínimo de tiempo, independientemente de su profundidad dentro de la fibra muscular esquelética. «Afectar» significa, para los sarcómeros, que la excitación de la membrana celular o bien del sistema-T crea condiciones que activan la reacción entre las proteínas actina y miosina (= «formación de puentes»).

Una de las condiciones necesarias para ello es el aumento explosivo de la concentración de Ca^{++} . En la figura 12 vemos una estructura que parece envolver todo el sarcómero. Se trata del llamado retículo sarcoplasmático, un sistema de canales que se dilatan en parte en forma de cisternas. En él se almacena calcio en grandes concentraciones. La despolarización de la membrana celular de la fibra muscular esquelética o bien del sistema-T, a través del impulso nervioso, pasa directamente al retículo sarcoplasmático, originando la permeabilidad de éste para los iones Ca^{++} . Los iones Ca^{++} salen y entran en contacto con los miofilamentos, creando así las condiciones para la formación de puentes actina-miosina.

Todo ello afecta al proceso de contracción de las fibras musculares aisladas. Un músculo con mayor masa contráctil (= cantidad de miofibrillas) ofrece las mejores condiciones para una fuerza máxima elevada, ya que, como hemos visto, el número de los puentes actina-miosina es decisivo para la fuerza máxima de todo el músculo. Pero la masa en sí no es suficiente, los elementos contráctiles deben trabajar de forma sincrónica.

Vamos a estudiar la multitud de condiciones necesarias dentro de una fibra muscular esquelética concreta, para asegurar la colaboración entre los sarcómeros:

- 1) organización paralela de los sarcómeros;
- 2) sistema-T para asegurar la transmisión directa de información, y
- 3) retículo sarcoplasmático muy ramificado.

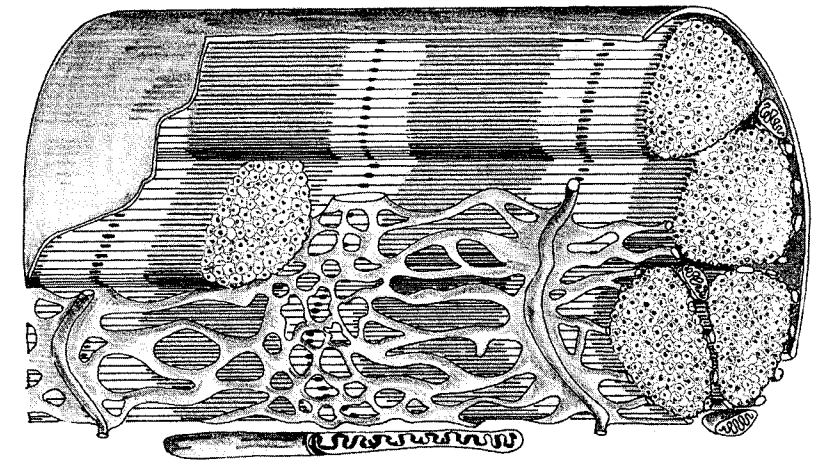


FIGURA 12: Esquema de una fibra muscular.

Esta estructura permite un efecto máximo con un esfuerzo mínimo, es decir, que cada impulso nervioso se aprovecha al máximo, puesto que una contracción se extiende (según los puntos 1 y 3) por toda la sección de la fibra muscular esquelética, contrayendo el mayor número posible de sarcómeros de forma sincrónica. Una estructura diferente a la aquí descrita haría que la reacción frente a cada impulso nervioso afectara sincrónicamente a menos sarcómeros por sección y la suma de contracciones perdería en eficacia (superposición entre impulso y tiempo refractario), disminuyendo el nivel de fuerza alcanzable de la fibra muscular singular. Aplicando lo dicho al músculo entero, significa que *la masa de elementos contráctiles es decisiva para el nivel potencial de fuerza del músculo. Pero la sincronización de los procesos contráctiles de la masa de elementos contráctiles decide sobre el nivel de fuerza realizable.*

Si queremos hacer efectivo el nivel potencial de fuerza de un músculo hemos de establecer sincrónicamente todos los posibles puentes actina-miosina. Esto sólo sería factible si el músculo en su totalidad reaccionara siguiendo la ley del «todo o nada». Esta posibilidad, que a primera vista parece atractiva, es, sin embargo, totalmente absurda si consideramos la tarea que tiene el músculo. El desarrollo de la fuerza ha de ser graduable y la velocidad de contracción variable, para permitir movimientos coordinados de todo el organismo. La importancia que durante la evolución han tenido y tienen la graduabilidad y la variabilidad de la acción muscular se hace evidente en que las condiciones para ello ya se dan en el nivel más pequeño de la célula, la fibra muscular esquelética. Tal como acabamos de describir, la fibra muscular esquelética no sigue la ley del «todo o nada», sino que es controlable a través del impulso nervioso. Este control del músculo abre muchas posibilidades en cuanto a la utilización coordinada del mismo, pero requiere una gran cantidad de dispositivos que garanticen la funcionalidad del sistema bajo las más diversas condiciones.

A continuación vamos a describir de una forma global estos «dispositivos».

El control de los impulsos nerviosos que activan la contracción muscular

La estimulación de las fibras del músculo esquelético

Los procesos de contracción en el interior de una célula deben ser puestos en marcha, necesitan una estimulación. La célula no activada ofrece en relación a su entorno una diferencia en la concentración iónica, pues el interior de la célula tiene una carga negativa en relación a su exterior. La membrana celular es la responsable de mantener esta diferencia en la concentración iónica.

Cuando excitamos la membrana celular (por ejemplo, mediante impulsos nerviosos) podemos modificar la permeabilidad de la misma y equilibrar la diferencia de potenciales entre interior y exterior de la célula, es decir, que la célula se polariza o se excita. Cuanto más elevado sea el llamado umbral de la membrana, más difícil de excitar será la célula desde su estado inactivo. Sabemos, por ejemplo, que las células del músculo liso poseen un umbral tan bajo que se despolarizan incluso espontáneamente, sin impulso nervioso; las membranas de las células del músculo esquelético, sin embargo, requieren una excitación muy intensa a través de los impulsos nerviosos para ser activadas y poder así iniciar la contracción de los sarcómeros.

El elevado umbral de la membrana evita que la excitación de una fibra del músculo esquelético se propague hacia sus vecinas, tal como ocurre con las células de la musculatura lisa. Esto significa que cada una de las fibras del músculo esquelético necesita su «proveedor de estímulos», o nervios motores, para ser activada. Este aparente lujo garantiza que cada una de las fibras musculares esqueléticas se pueda contraer de forma controlada y que no existan excitaciones no deseadas de las fibras vecinas, que podrían distorsionar la coordinación del movimiento. Según la tarea principal de cada músculo –graduabilidad o aplicación de la fuerza de un músculo (por ejemplo, músculos de los dedos, glúteos)– se han tomado medidas de racionalización en este ámbito.

No todas las fibras musculares disponen de una motoneurona (neurona = célula nerviosa con sus prolongaciones), sino que cada una de las motoneuronas puede inervar varias fibras musculares, ramificando su prolongación nerviosa eferente,¹ para poder tomar contacto con diferentes fibras musculares (véase fig. 13). Cuando todas las fibras musculares relacionadas con una misma neurona se activan entonces de forma sincrónica y reaccionan por ello uniformemente, hablamos de una «*unidad motora*».

Cuantas más unidades motoras posee un músculo, más diferenciado es el control de su función (véase: músculos de los dedos, de la cara). Con un menor número de unidades motoras resultará más fácil la sincronización de un gran número de unidades motoras presentes en el músculo, así que será más fácil para este músculo realizar tareas de fuerza (glúteos, dorsales).

Resumiendo:

La contracción del músculo esquelético se ha de poder controlar en cuanto a:

- su grado,
- su velocidad,
- la cantidad de su fuerza.

1. Las fibras nerviosas que llevan informaciones desde el cerebro o desde la médula espinal hasta el músculo, se denominan «eferentes».

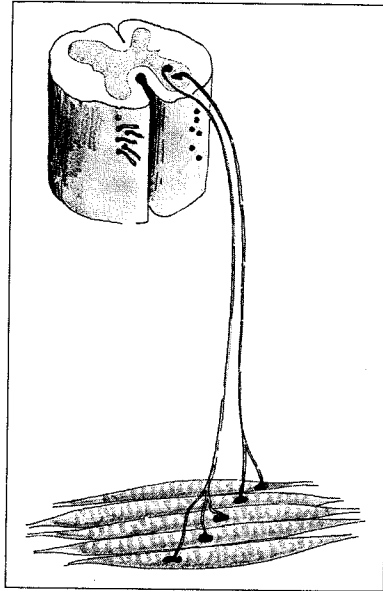


FIGURA 13: Representación de una unidad motora.

La actina y la miosina con sus propiedades contráctiles aportan los requisitos para que una contracción pueda cumplir estos «deseos»:

- la organización de las proteínas contráctiles en forma de sarcómeros que forman miofibrillas,
- la posibilidad de sumar contracciones en función de la frecuencia de los impulsos nerviosos,
- el aislamiento de las diferentes fibras musculares,
- la sincronización de una cantidad variada de unidades motoras.

Estas explicaciones ponen de relieve los requisitos que necesita un músculo para poder realizar un movimiento como «órgano ejecutor». Además de la estructura específica de la fibra del músculo esquelético, es de especial importancia el hecho de que la contracción se activa exclusivamente a través de impulsos nerviosos. Así se evitan las contracciones espontáneas. No obstante, la supresión de estas contracciones espontáneas sólo tiene sentido cuando la dependencia de las contracciones de los impulsos nerviosos abre o mejora, a su vez, las posibilidades de control.

Este control es, desde luego, imprescindible para la utilización coordinada de los distintos grupos musculares.

El control de un sistema sólo es completo cuando la central de control recibe información/retroalimentación sobre la magnitud por

controlar. Esto significa que la central que hace contraer el músculo necesita primero información acerca del estado del mismo. Como fuentes de información sirven los llamados husos musculares y los órganos de Golgi. Ambos son receptores que registran cada modificación del músculo en cuanto a longitud o tensión y que envían estas informaciones directamente a la central (sistema nervioso central: SNC, al que pertenecen el cerebro y la médula espinal).

Los husos musculares

Los husos musculares son paralelos a las fibras del músculo esquelético, pero son mucho más cortos que éstas. Se componen de 3-6 fibras musculares delgadas y estriadas que tienen un ligero engrosamiento en la parte central (→ aspecto de huso) sin ser estriado. Los extremos de los husos musculares son tendinosos y están sujetos al tejido que envuelve la fibra muscular esquelética.

La consecuencia de esta posición es que el huso muscular tiene que realizar todas las modificaciones longitudinales de las fibras musculares que lo envuelven. El hecho de que la parte central del huso no sea contráctil y apenas extensible hace que el huso muscular «se resista» frente a cualquier extensión. Pero sólo puede «resistir» enviando a la central el mensaje de que está excitado. La figura 14 muestra cómo llega ese

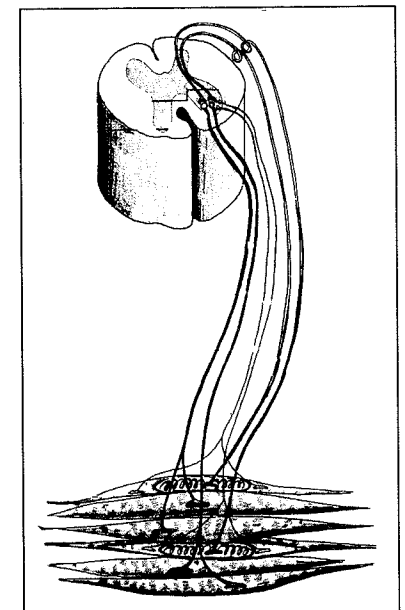


FIGURA 14: Huso muscular, fibra Ia en relación a la médula espinal.

mensaje mediante un conducto nervioso (fibras-AI, o Ia, según los diferentes autores, velocidad de transmisión: 80-120 m/seg) a la médula espinal.

La fibra-Ia parte pues desde la parte central no contráctil de su huso muscular y llega hasta la médula espinal. Penetra como fibra aferente¹ desde el lado dorsal en la médula espinal, por la zona llamada asta posterior. A nivel de su punto de entrada se halla, en la zona de la llamada asta anterior, la célula neuromotora encargada de activar la contracción de la fibra muscular esquelética del ámbito del huso muscular excitado.

La fibra-Ia pasa su impulso a la motoneurona que, a su vez, envía este estímulo a través de sus neuritas (= fibra eferente) hacia todas sus placas motoras terminales.

Éstas despolarizan sus fibras musculares y se produce la contracción. El tiempo entre la estimulación de los husos musculares y la contracción de las fibras musculares se llama *tiempo reflejo* y varía entre 19 y 23 mseg. El acortamiento de la fibra muscular, iniciado con la contracción, va compensando el estímulo extensor ejercido sobre el huso muscular. Con ello se suprime la estimulación de la motoneurona y finaliza la contracción de la fibra muscular.

Cuanto mayor sea la extensión del músculo más husos musculares se estimulan y habrá una mayor intensidad de la actuación de las fibras-Ia de los mismos, produciéndose la contracción del músculo.

Si se supera, sin embargo, un determinado nivel de la extensión, se suprime de repente la contracción refleja. Éste es el caso de la activación de los órganos de Golgi (= receptores a nivel de los tendones), situados en la zona de los tendones y organizados en serie, registrando cada cambio de tensión muscular. Las fibras aferentes (AII, o Ib) de los órganos de Golgi tienen el mismo recorrido que las fibras-Ia de los husos musculares, pero provocan la inhibición de las motoneuronas y no su excitación. De esta forma *suprimen* la contracción de las fibras musculares correspondientes.

Este reflejo inhibitorio de la contracción muscular evita una sobrecarga de los tendones por la contracción muscular y permite aprovechar las reservas de extensión del músculo. Los órganos de Golgi reaccionan de la misma forma frente al acortamiento progresivo del músculo durante una contracción intensa. Esto podemos considerarlo como una medida protectora, dado que el acortamiento sobrecarga los tendones, la inhibición refleja de una mayor contracción muscular se inicia a partir de un determinado grado de insistencia sobre la capacidad de extensión del tendón.

Estas funciones de los husos musculares y órganos de Golgi que acabamos de exponer son fácilmente demostrables mediante determinados

1. Las fibras nerviosas que llevan informaciones periféricas (por ejemplo, desde los músculos o la piel) hasta la médula espinal o el cerebro, se denominan «aferentes».

estímulos de extensión. Conocemos el reflejo del tendón patelar, pero a menudo se olvida que la enorme importancia del reflejo no radica en la «contracción rápida» sino en la posibilidad de enviar constantemente información a través del músculo al SNC.

El primer sistema sensomotor

Puesto que la información desde los husos musculares y órganos de Golgi provoca directamente reacciones del músculo desde el nivel de la médula espinal, donde se vuelven a recibir los efectos, nos encontramos ante una unidad funcional, llamada «*primer sistema sensomotor*».

Este sistema tiene en primer lugar la función de mantener determinadas longitudes y tonos musculares. No obstante, todos los mensajes que se reciben en esta área se envían a la vez a otras áreas superiores del sistema nervioso central, que asimilará no sólo las informaciones de los receptores de los distintos músculos y tendones sino también las que procedan, por ejemplo, de los receptores de otros órganos (piel, órganos del equilibrio, etc.). De esta manera se puede adaptar la reacción. Adaptar significa estimular específicamente determinadas motoneuronas e inhibir otras para realizar un movimiento. Es fundamental que todas las informaciones para el músculo puedan efectuarse exclusivamente a través de las motoneuronas- α , independientemente de la combinación de estímulos que las originan, y ello mediante:

- el camino más sencillo, estimulando los husos musculares y, directamente, las motoneuronas, o
- la forma más complicada, estimulando los receptores correspondientes de otros órganos (piel, órganos del equilibrio, etc.) que pueden transmitir su información a las motoneuronas sólo después de varias conexiones con diferentes neuronas (de forma polisináptica).

Los impulsos aferentes producidos por la gravitación, la estimulación cutánea o los cambios en el equilibrio tienen como respuesta contracciones musculares adecuadas y adaptadas entre sí, puesto que cada movimiento o contracción de los diferentes músculos se retransmite y, además, podemos estar seguros de que los músculos sólo se contraen a través de las motoneuronas y no por iniciativa propia.

De esta forma se explican todos los movimientos complejos como las regulaciones complicadas del tono y del equilibrio e incluso las reacciones eventuales de huida.

El movimiento voluntario

Los mamíferos de desarrollo superior, sobre todo el ser humano, poseen la capacidad, además de las posibilidades motoras mencionadas, de realizar movimientos que se distinguen de los movimientos de regulación.

Hoy en día no sabemos exactamente cómo se inician tales movimientos, sólo podemos afirmar que la decisión de realizar un movimiento origina impulsos desde el cerebro y/o desde los ganglios basales, que por vía nerviosa llegan a las motoneuronas. La paradoja es que la sencillez de la estructura es lo que complica la función: los estímulos procedentes de la corteza cerebral, por cierto, se transmiten directamente hasta las motoneuronas correspondientes, produciendo allí una contracción o relajación de las fibras musculares en cuestión.

Esta «línea directa», llamada «vía piramidal» por sus características morfológicas, no se adapta inicialmente al concepto de estimulación e inhibición, complejo y detallado, que vimos en los sistemas tratados anteriormente.

La vía piramidal posee, afortunadamente, una gran cantidad de fibras colaterales en su camino hacia la médula espinal, que informan de sus «intenciones» a las demás regiones del sistema nervioso central. De esta forma se ajusta el movimiento iniciado intencionadamente a las posibilidades de realización que eventualmente resultan restringidas por las condiciones externas: según las informaciones aferentes periféricas (de las que hemos mencionado aquí los husos musculares, los órganos de Golgi y los órganos del equilibrio) sean compaginables o no con las informaciones de la vía piramidal, se enviarán desde los diferentes centros del SNC impulsos hacia las motoneuronas, apoyando o inhibiendo la activación de la motoneurona.

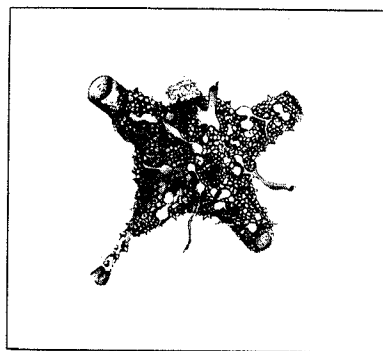
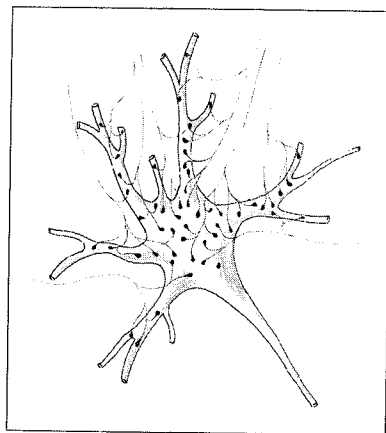


FIGURA 15: Motoneuronas con dendritas y sinapsis.

Por tanto, las motoneuronas que intervienen en un determinado movimiento reciben solamente dos tipos de información: activación o inhibición. Pero éstas llegan a la motoneurona desde diferentes centros, así que la multitud de información va modulando la estimulación de la mo-

toneurona. En la figura 15 vemos la inmensa cantidad de conexiones con una motoneurona.

Con un mayor número de impulsos inhibidores no se puede despolarizar la membrana de la motoneurona, la transmisión del impulso a través de las neuritas no se produce. Si los estímulos excitantes son suficientes para la despolarización, se podrá transmitir el impulso a la fibra muscular. Cuanto mayor sea la superioridad de los impulsos excitantes sobre los inhibidores, más densa será la sucesión de impulsos y, al mismo tiempo, esta elevada frecuencia de impulsos —como ya dijimos— será positiva para la formación de puentes actina-miosina.

El privilegio de la motricidad originada por vía piramidal es su posibilidad de activar movimientos intencionadamente.

Así se obtiene la libertad de realizar movimientos y se superan los programas rígidos del instinto y las correcciones reflejas del movimiento. La realización de movimientos iniciados intencionadamente, sin embargo, presenta a menudo dificultades, el movimiento resulta discontinuo, fatigoso y no armónico. Ello se debe, tal como explicamos, a la vía directa entre corteza cerebral y motoneurona; el ajuste («la armonía») con otros sistemas que inciden sobre la motoneurona se descuida imperdonablemente.

La automatización

Existen, por otra parte, una multitud de movimientos que aparentan ser voluntarios pero que son realmente armónicos. Los movimientos de este tipo son los llamados *automáticos*. También parten de las células piramidales de la corteza cerebral motora, pero su transmisión no es directa por vía piramidal hasta las motoneuronas, sino que pasa por muchas neuronas con numerosas fibras colaterales hasta las diferentes áreas del SNC, lo que significa un elevado cambio de informaciones que garantiza un ajuste óptimo y oportuno del movimiento iniciado con otros factores que influyen sobre las motoneuronas.

A esta transmisión la llamamos *extrapiramidal*, ya que en este caso el inicio del movimiento no se realiza por vía piramidal. No obstante, la separación formal entre piramidal y extrapiramidal no se puede mantener de modo rígido cuando se estudia un movimiento complejo. Muchas de las componentes de un nuevo proyecto de movimiento que se inicia intencionadamente pueden estar ya automatizadas y pueden pasar por vía extrapiramidal, reduciendo así la irritación (estimulación) de los sistemas sensomotores que producen los movimientos piramidales desconocidos.

Las posibilidades de mejorar la coordinación se basan en que, con el tiempo, la capacidad de hacer pasar los movimientos por vía extrapiramidal es cada vez mayor. Aparentemente se trata aquí del «machacar un movimiento», de «automatizarlo». Pero para apreciar la importan-

cia de una mejor coordinación es esencial *poner mayor énfasis en el aspecto de la «eliminación de factores perturbadores».*

Con ello señalamos el trayecto final de todas las influencias sobre la realización del movimiento que se inicia en el SNC, es decir, el trayecto entre motoneurona y fibra muscular. Todas las informaciones enviadas a la motoneurona han de ser ajustadas entre sí de una forma óptima para garantizar la realización del movimiento, puesto que la motoneurona envía órdenes exclusivamente al músculo. Esto significa para las *tareas de fuerza* que la motoneurona ha de enviar impulsos con la máxima frecuencia posible, a través de las neuritas, hasta la placa motora terminal, para despolarizar las fibras musculares esqueléticas con la menor discontinuidad posible. Ésta es la única manera de formar los puentes actina-miosina decisivos para la fuerza. La elevada frecuencia de impulsos, sin embargo, sólo es posible si el número de informaciones inhibitorias (= factores perturbadores) para la motoneurona se mantiene bajo. La medida decisiva para «eliminar los factores perturbadores» es entonces el mejoramiento de la coordinación, poniendo así a nuestra disposición el potencial de fuerza establecido por la cantidad de actina y miosina existente. Esto se refiere a cada fibra muscular como a todo el músculo.

La consecuencia de todo ello es que la coordinación tiene un papel decisivo para el desarrollo de la fuerza de un músculo (aparte de su masa contráctil).

Esto significa que para cada músculo en concreto su masa activa es responsable del potencial de fuerza muscular. El porcentaje de utilización de este potencial de fuerza, sin embargo, depende de la estimulación de las fibras musculares por parte de las motoneuronas correspondientes.

Los impulsos inhibidores sobre las motoneuronas de un músculo se han de mantener bajos con el fin de que el máximo número de motoneuronas de un músculo puedan transmitir de forma sincrónica impulsos a sus fibras musculares. Los impulsos inhibidores pueden provenir, por ejemplo, del aparato vestibular de los órganos de Golgi. Es decir, que, cuando se quiere alcanzar una fuerza elevada, se han de evitar trastornos del equilibrio así como extensiones y acortamientos excesivos del músculo durante su trabajo de fuerza. Cuanto mejor entendamos cuáles son las informaciones a asimilar a nivel del SNC dentro de la coordinación muscular, informaciones que van adquiriendo influencia sobre las motoneuronas por activar, antes se nos abrirán las posibilidades para mejorar sistemáticamente la fuerza sin alterar el potencial de la misma.

Cada una de las tareas de entrenamiento para mejorar la fuerza sin modificar la masa se puede considerar, por tanto, como entrenamiento de la coordinación.

Se pretende con ello una **mejora intramuscular de la coordinación** para un músculo determinado; para diferentes músculos, sin embargo, se elabora la **mejora intermuscular de la coordinación.**

La activación sincrónica de varias unidades motoras se puede entrenar; la denominamos «coordinación intramuscular» y determina el nivel de la fuerza realizable por un músculo.

A igualdad de masa contráctil de un músculo (potencial de fuerza), el atleta con una mejor capacidad de coordinación intramuscular podrá aplicar mayor fuerza (fuerza realizable).

Estos contextos que acabamos de describir explican lo que exponen los libros de investigación sobre el tema, caracterizando el efecto de las diferentes formas de entrenar la fuerza con la modificación de:

- la fuerza máxima,
- la curva de fuerza isométrica y tiempo, y
- la curva de fuerza-velocidad.

Para mejorar cada uno de estos tres aspectos de la fuerza se requiere un incremento de la masa contráctil y una mejora de la coordinación.

Para poder seleccionar sistemáticamente los ejercicios que permitan incidir en el aspecto deseado, hemos de distinguir claramente si es más adecuado un incremento de la masa o una mejora de la coordinación (es decir, agotando el potencial). La inclinación hacia unas u otras tareas, según cada disciplina deportiva, llevará a decisiones precipitadas que posiblemente serán exclusivistas. Se sabe que el aumento exclusivo de la masa no es la vía óptima para mejorar la fuerza y el rendimiento. Pero también hemos de insistir en que la mejora exclusiva de la coordinación tampoco podrá agotar al máximo el potencial de rendimiento.

El centrarse en ejercicios paratécnicos tiene entonces la consecuencia de agotar pronto las posibilidades de mejora, llegando a considerar poco la importancia del entrenamiento de la fuerza, lo que produce que muchos atletas rechacen el entrenamiento de la fuerza desde el principio o bien después de pasar un corto tiempo de prueba.

A continuación trataremos estos aspectos con mayor detalle.

Tipos de músculos, los músculos de sostén y funcionales

Ya se ha explicado la estructura funcional de la fibra muscular esquelética y la dependencia de sus motoneuronas de los impulsos exci-

tantes procedentes del SNC. Ahora nos interesa el estudio de la fibra muscular esquelética dentro del «músculo» como complejo celular. Según la organización de la fibra, resulta para el músculo entero una estructura diferente que es decisiva para su funcionalidad.

Según las fibras se organicen en dirección de la tracción o se inserten con un ángulo más o menos grande en uno o ambos lados del tendón, hablamos de músculos fusiformes, peniformes o bipeniformes (véase fig. 16).

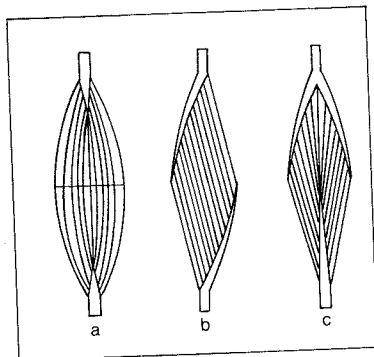


FIGURA 16: Diferentes estructuras de las fibras musculares: a) músculo fusiforme, b) músculo peniforme simple, c) músculo peniforme doble.

Comparando la fuerza de un músculo peniforme con la de uno fusiforme encontramos que el peniforme es mucho más fuerte que el fusiforme, a pesar de que no aparente ser más grande. Esta discrepancia entre apariencia y fuerza desarrollada se basa en la organización de las fibras: en el músculo peniforme se pueden iniciar un mayor número de fibras directamente en el hueso, a través del tendón. Pero cuanto más fibras tiene un músculo, mayor será su fuerza potencial.

Para estimar la fuerza potencial de un músculo hemos de considerar la aportación de todas las miofibrillas implicadas. Para ello se determina la sección del músculo de forma que cada una de las fibras musculares se mida teniendo en cuenta la relación vertical de su trayecto y se incluya en el cálculo. Esta magnitud se denomina «sección fisiológica». La sección anatómica, por otro lado, mide la sección en la parte más gruesa del cuerpo muscular, sin tener en cuenta el trayecto de las fibras, e informa así sobre la circunferencia del músculo o el espacio que ocupa. El músculo peniforme tiene entonces la ventaja de ocupar poco espacio y es por ello que se encuentra en zonas que en su mayoría realizan trabajos de fuerza y sostén.

En el músculo fusiforme coinciden las secciones anatómica y fisiológica; la estructura de sus fibras musculares le permite acortarse mucho en dirección de la tracción cuando se contrae, lo que puede ser decisivo para la amplitud del movimiento. Los músculos que intervienen pri-

mordialmente en los movimientos tienden a tener una estructura fusiforme; se los denomina a menudo *músculos funcionales*.

La estructura anatómica de los grupos musculares adquiere así un aspecto esencial desde la perspectiva funcional: la orientación de los huesos de una articulación con frecuencia no es suficiente para estabilizarla y son los ligamentos y los tendones los que la tienen que fijar. Mientras que los ligamentos han de evitar sobre todo los movimientos extremos, la musculatura ayudará a fijar la articulación durante todo el movimiento. Sobre todo en las zonas del hombro y de las articulaciones de la rodilla encontramos ejemplos donde determinados grupos musculares adoptan funciones estabilizadoras.

Los músculos de este tipo se acercan al máximo a la articulación, su estructura peniforme les permite un mayor desarrollo de fuerza sin ocupar demasiado espacio, lo cual limitaría la flexibilidad de la articulación. A menudo los músculos también tienen esta función estabilizadora en articulaciones que poseen una relación óptima entre los huesos, por ejemplo la articulación de la cadera y la columna vertebral. Ambas zonas de sostén reciben fuertes cargas. Para hacer frente a ello y para mantener también una flexibilidad suficiente, la musculatura ha de contribuir a estabilizar la articulación junto con la estructura de los huesos y ligamentos. Estos músculos se denominan *músculos de sostén*. No debemos subestimar su importancia para el rendimiento, como veremos a continuación.

Para una articulación, cualquier carga requiere el funcionamiento correcto de la articulación. Siempre que ello no está garantizado se producen dolores, enviados por vías nerviosas aferentes al SNC, que dan lugar a impulsos inhibidores a nivel espinal para las motoneuronas de los músculos funcionales. Esta inhibición refleja de las motoneuronas

Para mejorar, pues, el rendimiento en una disciplina que requiere fuerza explosiva, observamos a menudo que se incrementa sistemáticamente la fuerza máxima del músculo funcional principal, preferentemente con ejercicios que aumentan la masa muscular. El entrenamiento de la coordinación, realizado a continuación, no aporta, sin embargo, el éxito esperado. La discrepancia entre la fuerza máxima realizable del músculo funcional y la fuerza explosiva conseguida en el movimiento pone de relieve que el músculo no está capacitado para demostrar su rendimiento potencial. La conclusión precipitada: «tiene tanta fuerza que no sabe ni correr (nadar, saltar, etc.)» o incluso, resignándose: «no puede transformar su fuerza», encubre desgraciadamente la visión de una relación causal: cuando una articulación se somete a una carga superior, se incrementan también las exigencias de estabilidad de la misma articulación.

restringe el movimiento, lo que se manifiesta más claramente en una mayor explosividad del movimiento.

Si esto no se tiene en cuenta, se enviarán constantemente informaciones desde los receptores articulares, los músculos y los tendones en forma de estímulos sensoriales al SNC, donde se originan impulsos inhibidores. Con ello se activan neuronas inhibitoras que estabilizan el potencial de las membranas de las motoneuronas a nivel del músculo funcional, de forma que los impulsos excitantes de origen intencional difícilmente podrán conseguir la despolarización de la membrana de las motoneuronas. Como consecuencia observamos una frecuencia reducida de impulsos sobre los nervios motores, y no se podrá aprovechar al máximo la capacidad de contracción del músculo, ni en relación a la velocidad ni a la fuerza.

Las relaciones aquí expuestas vuelven a destacar la importancia que tienen las informaciones periféricas para la realización de una contracción muscular.

No conocemos la cantidad de receptores que envían informaciones al SNC, pudiendo incidir así sobre la activación o inhibición de las motoneuronas. Esta multitud de variables explica por qué no se pueden reproducir sin más las pautas para el entrenamiento que se basan solamente en la experiencia. Debemos conocer los «informadores» del SNC y sus mensajes para poder controlar su influencia.

Los métodos experimentales evidentemente sólo abarcarán determinados aspectos de este informador (receptor). La utilización estricta de un libro de entrenamiento y tests sabiamente aplicados puede llevar sin embargo a conocer mejor las posibles variables que inciden como estímulo específico en determinados receptores, que, a su vez, modulan la sensibilidad de las motoneuronas.

La explicación de ello se basa en la superposición de unidades sensoriales. Un estímulo intenso no sólo activa los receptores directamente implicados, sino también otros de su entorno, activándose así varias unidades sensoriales. Los diferentes umbrales de membrana. Con una mayor intensidad del estímulo se activan más receptores de cada una de las unidades sensoriales, y la frecuencia de impulsos transmitida desde cada unidad sensorial hacia el SNC es mayor. La implicación de más unidades sensoriales produce en el SNC la impresión de una excitación muy intensa. Si conseguimos mantener esta excitación baja (ejemplo: estabilización de la articulación) no sólo se activan menos unidades sensoriales, sino también menos receptores de la unidad sensorial correspondiente (aquellos con el umbral de excitación más bajo). Así se reduce el número de vías nerviosas aferentes activadas y se disminuye la frecuencia de impulsos de la unidad sensorial excitada. Por ello podemos describir la relación entre intensidad del estímulo y sensación a nivel del SNC como función potencial (GANONG, 1979, 87). Puesto que el nivel de sensibilidad decide sobre la influencia en las motoneuronas, vemos cla-

ramente los enormes efectos que una reducción de los estímulos perturbadores tendrá para el incremento del rendimiento (ejemplo: falta de estabilidad articular).

La necesidad de aplicar tests

Para poder utilizar tales efectos, todas las tareas del entrenamiento se han de basar en un análisis riguroso de tests específicos. Estos tests nos deben aportar informaciones acerca de:

- la fuerza máxima de la musculatura funcional (en un esfuerzo lo más aislado posible), y de
- la fuerza explosiva de un movimiento específico.

Lo idóneo es el registro del gráfico fuerza-tiempo cuando se mide la fuerza máxima (véase fig. 11, p. 22). De esta forma recibimos información sobre el nivel de la coordinación intramuscular. La diferencia entre fuerza máxima y fuerza explosiva debe ser lo más pequeña posible, lo que expresaría una buena coordinación intermuscular con pocos impulsos inhibidores sobre las motoneuronas activadoras.

Si la diferencia es grande se ha de averiguar:

- si se tienen en cuenta las leyes físicas relevantes para el movimiento;
- si la coordinación intramuscular alcanza un nivel elevado;
- si existen impulsos inhibidores directos o indirectos sobre las motoneuronas originados por receptores articulares, órganos de Golgi o husos musculares a causa de falta de estabilidad articular, postura insegura, falta de flexibilidad del aparato locomotor, etc.;
- si la sensibilidad del SNC y/o de los músculos está reducida por cansancio, escasez de fuentes energéticas, etc.

La coordinación intramuscular y la hipertrofia muscular

La mejora de la coordinación intramuscular, que es una cuestión muy controvertida, se denomina a menudo «estimulación máxima» a un nivel concreto de masa muscular, refiriéndose a la activación del 80% de las unidades motoras de un músculo, lo cual se considera la máxima alcanzable intencionadamente. Las decisiones al respecto resultan sobre todo problemáticas en el caso de los principiantes. Para mejorar la coordinación intramuscular se ha de realizar un programa elevado e intenso de entrenamiento. Pero esto significa una carga fuerte para el aparato pasivo de sostén que aún no se protege óptimamente a través de los músculos.

En este caso parece más adecuado mejorar el «envoltorio» mediante un entrenamiento general de la fuerza, aceptando un aumento de la

masa muscular total antes de aprovechar la posibilidad de incrementar el rendimiento a través de la mejora de la coordinación intramuscular. Por esta razón un atleta joven centrará su entrenamiento en el objetivo de la formación muscular global y conseguirá un aumento de su musculatura.

Un atleta con muchos años de experiencia y un peso corporal parecido enfocará, sin embargo, su entrenamiento en la mejora de la coordinación intramuscular, basándose en una buena formación muscular de su aparato locomotor pasivo. Sólo cuando de este modo ya no pueda esperar un incremento sustancial de su rendimiento, considerará el aumento de la masa muscular.

No obstante, la separación entre *entrenamiento de desarrollo muscular* y *de coordinación intramuscular* no se debe exagerar en su forma aislada durante la práctica del entrenamiento. Ya hemos expuesto este aspecto en el ejemplo de la mejora de la coordinación intra e intermuscular.

El centrarse exclusivamente en conseguir una hipertrofia de las fibras musculares tiene como consecuencia que el músculo adquiere un mayor volumen, pero pierde en gran medida su funcionalidad. La hipertrofia de las fibras musculares provoca, durante un esfuerzo muscular (extensión, acortamiento, contracción isométrica), una activación precipitada de los órganos de Golgi con sus efectos ya conocidos que son negativos para las motoneuronas del músculo y la formación de puentes actina-miosina tan decisiva para el nivel de fuerza. En este caso es cierta la observación por parte del atleta y del entrenador de que el entrenamiento de la fuerza disminuye la velocidad o que el atleta «no puede correr por tanta fuerza». Pero la conclusión de tener que prescindir del entrenamiento de la fuerza es también errónea.

No se ha demostrado que los órganos de Golgi sean la única variable que influya, pero es cierto que tienen un efecto enorme como inhibidor debido a su contacto directo en el «nivel más elemental» (nivel de la médula espinal) con las motoneuronas. Pero aquí también vale la máxima «peligro conocido igual a peligro eliminado»: los órganos de Golgi no son un dispositivo enemigo para el deporte de alto rendimiento, su función es la de proteger el tendón de cargas excesivas. Esto significa: *el aumento de la masa del músculo esquelético se ha de combinar con ejercicios de flexibilidad*. Los procesos de adaptación así iniciados a nivel de músculo y tendón evitan la inhibición precipitada de la contracción muscular por parte de los órganos de Golgi en caso de hipertrofia muscular.

Ésta es una de las razones decisivas por la que los *culturistas* presentan rendimientos parecidos a los *halterófilos* a nivel *submáximo*, pero situándose muy por debajo de estos últimos cuando se trata de la fuerza máxima. La renuncia a ejercicios de flexibilidad, en favor de la hipertrofia del máximo número de músculos posible, reduce el éxito de un entrenamiento de la coordinación —en caso de que se haya realizado— y de la fuerza realizable.

En este contexto también cabe señalar el peligro que existe cuando se quiere superar una *atrofia por inactividad* de determinados grupos musculares (por ejemplo, después de inmovilización con vendaje escafolado) a través de un entrenamiento exclusivamente isométrico: mediante experimentos con animales se pudo demostrar (WILLIAMS, GOLDSPIK, 1971) que la inmovilización de un músculo produce una disminución del número de los sarcómeros puestos en serie en las fibras musculares. Pero a pesar de poder evitar en gran medida la disminución del grosor de las fibras durante la inmovilización mediante contracciones isométricas, no se conseguía parar la reducción longitudinal de los sarcómeros de las fibras musculares, independientemente de que se hubiera inmovilizado el músculo en posición estirada o acortada. Esto hace suponer una relación directa entre longitud ósea, volumen de movimiento y número de sarcómeros en serie. Por ello se requiere un trabajo dinámico para garantizar el rendimiento de los músculos. Estudios de SWAILAND (1980) demuestran que la relación con el volumen de movimiento no sólo tiene efecto sobre el número de sarcómeros en serie, sino que también puede producir una hipertrofia de las fibras; esto se desprende del hecho de que los músculos peniformes proporcionan a sus fibras la posibilidad de aumentar la longitud a través de su engrosamiento. Ello significa que los esfuerzos dinámicos de los músculos peniformes con énfasis en la flexibilidad provocan una hipertrofia de las fibras musculares.

Esta observación adquiere especial importancia por las dificultades generales que existen para incrementar la fuerza de los músculos peniformes. Esta configuración convierte al músculo en un músculo fuerte, tal como explicamos anteriormente. Hemos de trabajar a intensidades

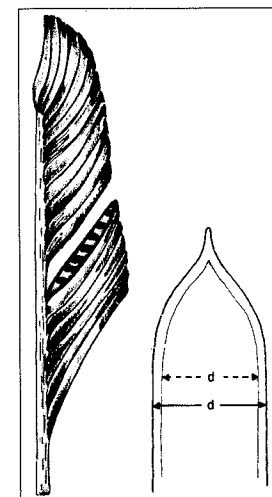


FIGURA 17: Adaptación longitudinal del músculo mediante la hipertrofia de las fibras musculares.

muy elevadas si queremos hipertrofiar el músculo con contracciones isométricas para aumentar la fuerza muscular. Pero esto implica, a la vez, una carga elevada para el aparato locomotor pasivo. No obstante, si también la contracción isotónica con componentes de flexibilidad tiene efecto para hipertrofiar las fibras musculares, nos encontramos ante la siguiente situación: entrenar con pesas ligeras, descargar el aparato locomotor pasivo. Una ligera hipertrofia de las fibras musculares de músculos peniformes ya produce un gran aumento de la fuerza, puesto que el engrosamiento de las fibras modifica el ángulo de inserción equivalente a una mejora de su efecto, y esto ocurre mucho antes de que la sección anatómica de todo el músculo muestre un incremento importante.

La importancia de los movimientos dinámicos, aparte de las contracciones isométricas, podría llevar a la conclusión de prever en el programa para el entrenamiento de la fuerza, desde el principio, sólo los ejercicios cercanos a la técnica deportiva, restringiéndose incluso en las mismas técnicas competitivas. Estas medidas tienen un éxito limitado por el mayor riesgo de dañar el aparato locomotor pasivo. Además de no poder evitar una cierta monotonía, tampoco se alcanzarán los procesos de adaptación pretendidos: este tipo de entrenamiento sin cargas adicionales sólo resulta positivo mientras se puedan mejorar la coordinación intermuscular y la velocidad de contracción. Con cargas adicionales disminuye la velocidad del movimiento, puesto que, en estas condiciones, la musculatura funcional no tendrá el suficiente respaldo de los músculos del aparato de sostén que son demasiado débiles. El estímulo del entrenamiento provoca una hipertrofia de la musculatura funcional, modificando a la vez el esquema de inervación. A pesar del aumento de la fuerza, se produce una influencia negativa sobre la *componente de la velocidad*.

Si son ciertas las hipótesis de JAKOWLEW (1977), acerca de que una marcada hipertrofia de las fibras musculares se produce a expensas del retículo sarcoplasmático, tendremos que limitar la hipertrofia de la musculatura funcional. No podemos prescindir de ella ya que es decisiva para el nivel potencial de fuerza muscular. Pero con ello se vuelve a afirmar la importancia de la capacidad de los músculos de sostén, cuya función consiste en permitir que la musculatura funcional pueda «centrarse» única y exclusivamente en el acortamiento explosivo del músculo. «Centrarse» significa en este caso que los estímulos inhibidores no reduzcan el nivel de activación de las motoneuronas; es la única forma de conseguir contracciones explosivas a través de las elevadas frecuencias que despolarizan las fibras musculares desde las motoneuronas. Aparte de esto, sólo se podrá acortar el músculo si la fuerza externa puede ser superada por la fuerza muscular.

Por esta razón, el nivel de la coordinación intramuscular es decisivo, si la hipertrofia se debe mantener conscientemente dentro de unos límites.

Tipos de fibras musculares

Igual que existen algunos receptores de la unidad sensorial que transmiten también los estímulos más débiles a la célula nerviosa, por poseer un umbral de excitación más bajo, también hay motoneuronas con un umbral de membrana relativamente bajo. Esto tiene como consecuencia la transmisión de los impulsos antes y con mayor facilidad a las fibras musculares. Por ello, estas fibras son estimuladas a contraerse más a menudo y con frecuencias más elevadas que otras que disponen de motoneuronas de umbral de membrana más elevado, y que requieren por tanto una mayor estimulación. La diferencia de las frecuencias de los impulsos es tan decisiva, que las fibras musculares con motoneuronas de umbral bajo se deben especializar para fuentes energéticas anaeróbicas para poder obedecer las «órdenes» de las motoneuronas. Visto desde esta perspectiva, tales fibras de contracción rápida (sinónimos: fibras blancas, fibras de Fast-Twitch) parecen predestinadas a trabajos de fuerza explosiva.

Los diferentes grupos musculares del hombre se componen cada uno de diferentes tipos de fibras musculares (véase tabla 1), pero el porcentaje de fibras FT no basta, ni en casos de gran porcentaje innato (los llamados «sprinters natos»), para aportar también la fuerza suficiente, además de la contracción rápida. Podemos estimular la hipertrofia de las fibras FT con un entrenamiento adecuado, pero sólo dentro de unos límites: la carga que inicia los procesos de hipertrofia ha de ser elevada. Para asegurar que las fibras FT sean las afectadas, se han de realizar contracciones rápidas y con acortamiento muscular. La intensidad de los estímulos se debe mantener, por ello, a un nivel bajo para conseguir un efecto inductor de la fuerza. La fuente energética disponible requiere además que el entrenamiento se realice en estado de descanso y con pocas repeticiones, lo que limita la duración del estímulo.

Para cumplir estas condiciones se requiere un elevado control del entrenamiento, y el éxito alcanzado no guarda ninguna relación con el esfuerzo necesario. Los atletas aceptan este entrenamiento con agrado, puesto que les proporciona placer («no es ni demasiado duro, ni largo, pero sí rápido»).

El entrenador que siempre esté buscando nuevas formas que motiven el entrenamiento, para conseguir la adaptación deseada tendrá que reflexionar sobre cuándo y dónde introducir estos ejercicios en el programa de entrenamiento.

Tabla 1. Cuadro comparativo de fibras musculares «rojas» y «blancas»
(fuente: GROSSER y cols., 1983, 44).

Aspecto en situación no tratada	«Roja» (en base a un alto contenido en mioglobina) delgada	«Blanca» (pálida en comparación con las fibras rojas) gruesa
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida
Función principal	Resistencia, pero también condiciones favorables para el trabajo isométrico	Fuerza explosiva
Ejemplos de músculos cuyo contenido principal es un determinado tipo de fibras	<ul style="list-style-type: none"> - Músculo recto del abdomen - Músculo recto anterior femoral 	<ul style="list-style-type: none"> - Músculo bíceps braquial - Músculo peroneo lateral
Distribución de las fibras (¿determinada genéticamente?)		
Embrional	Esencialmente en fibras lentas	Fibras
Personal normal	40 %	60 %
Halterófilo	50 %	50 %
Maratoniano	Principalmente fibras «rojas» (?)	(?)
Velocista	(?)	Principalmente fibras «blancas» (?)
Efecto del entrenamiento		
Entrenamiento estático de la fuerza	Aumento del corte transversal ¹ hasta en un 15 %	Aumento del corte transversal hasta en un 11 %
Entrenamiento dinámico de la fuerza	Aumento del corte transversal hasta en un 13 %	Aumento del corte transversal hasta en un 14 %
Entrenamiento de la resistencia aeróbica	Aumento de la actividad aeróbica	Aumento de la actividad aeróbica y anaeróbica

Estos ejercicios se han de colocar al principio de la unidad de entrenamiento, justo después de un calentamiento intensivo.

¿Por qué? El interés por esforzar las fibras FT en el marco del entrenamiento de la fuerza explosiva no radica tanto en estimular una hiper-

1. Este aumento depende del nivel de rendimiento.

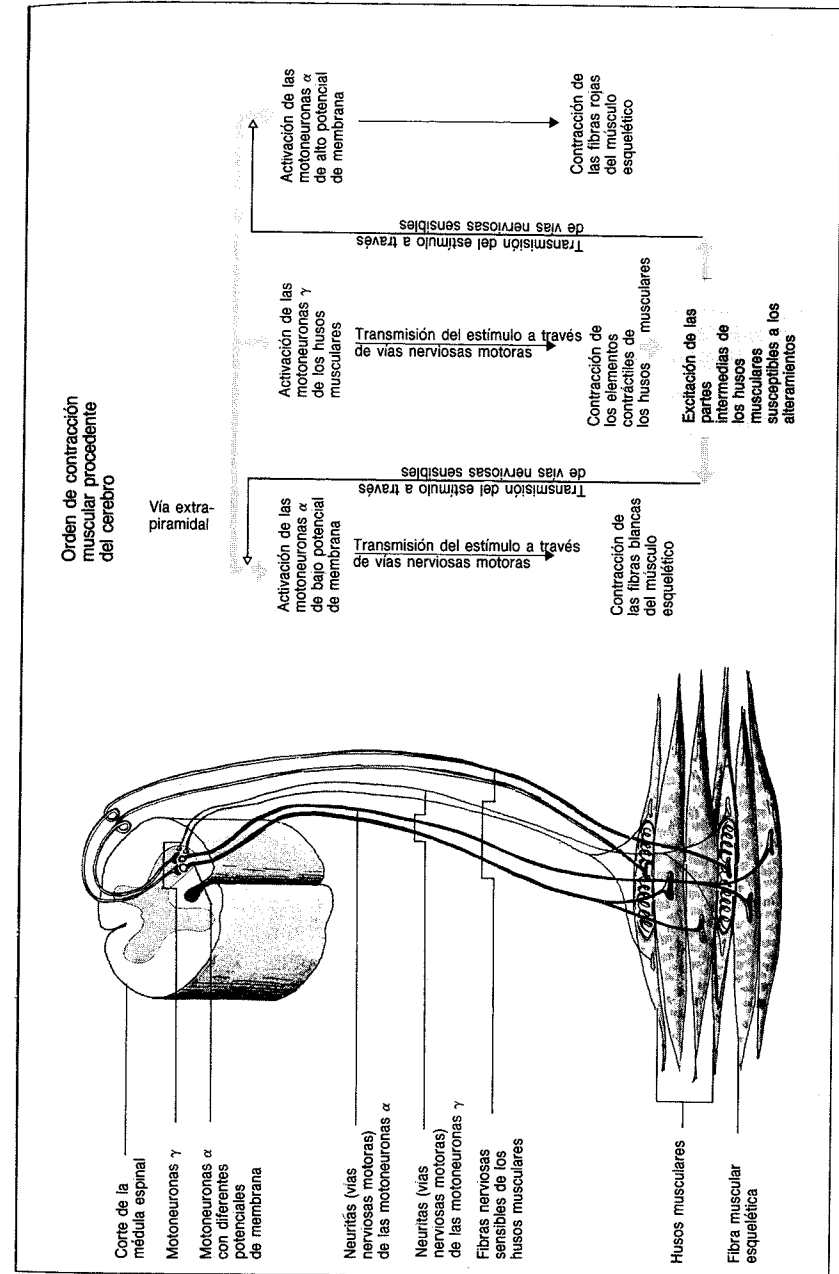


FIGURA 18: Gráfico del aprovechamiento de las fibras musculares rápidas para mejorar la utilización de las fibras lentas en los trabajos de fuerza explosiva.

trofia de las fibras FT, sino que está más enfocado hacia el efecto sobre las motoneuronas de las fibras lentas (véase fig. 18).

¿Cómo se ha de entender esto?

Anteriormente, al considerar las fibras musculares, indicamos la sensibilidad de los husos musculares frente a la extensión. Cualquier extensión produce una activación de las motoneuronas inducida a través de las fibras-Ia de los husos musculares. No obstante, los husos musculares, por su parte, también pueden ser activados a través de las fibras γ , lo que provoca un acortamiento de las fibras contráctiles de los husos musculares. De esta forma se aumenta la sensibilidad de la parte media de los husos, que no es contráctil, produciéndose ya con una mínima extensión del músculo un incremento de los estímulos excitantes de las motoneuronas a través de las fibras-Ia.

Los ejercicios antes mencionados inician justamente la activación de las fibras γ : el movimiento, iniciado en el cerebro, pasa en su mayor parte por vía extrapiramidal, activando a la vez las α -motoneuronas de las fibras musculares y las γ -motoneuronas de los husos musculares. Los impulsos excitantes inducidos de esta forma se dirigen también hacia las motoneuronas con un umbral elevado de la membrana. ¡Es éste el efecto que se trata de aprovechar!

Si después de los ejercicios iniciales se incrementa la carga de la fuerza, el músculo dependerá de la implicación de las fibras más lentas. Pero el umbral de la membrana de éstas ya ha bajado notablemente por los estímulos excitantes durante los ejercicios iniciales, así que la diferencia en la excitabilidad entre fibras rápidas y lentas resulta ya muy pronunciada. La cantidad de impulsos inhibidores se mantiene baja en presencia de una buena coordinación intermuscular, lo que influye positivamente, también desde esta perspectiva, en una frecuencia elevada de impulsos de las motoneuronas.

La aplicación de ejercicios cortos de esfuerzo para las fibras FT tiene así su efecto positivo para la fuerza explosiva del músculo en su totalidad.

No obstante, frente a una carga fuerte de una motoneurona se activa una fibra que se ramifica desde las neuritas y que vuelve directamente a la médula espinal, efectuando un impulso inhibitorio sobre la motoneurona, a través de la llamada célula de Renshaw. Este mecanismo no se puede evitar, pero podemos intentar reducir su eficacia buscando posibilidades de incrementar los estímulos excitantes sobre la motoneurona correspondiente.

Esto se consigue, por ejemplo, mediante las fibras-Ia. Cuanto más se estire un músculo después de una contracción –dentro del marco técnico–, más se fomentará la activación de las motoneuronas a través de la aferencia de los husos musculares. Pero también parecen existir posibilidades a nivel de la médula espinal para incidir excitando las motoneuronas, independientemente de la activación por vía extrapiramidal. En este sentido se conoce un fenómeno, a través de reconocimientos clí-

nicos, que tiene su aplicación en el «truco de Jendrassek» que se emplea cuando el paciente tiene dificultades con el reflejo patelar: el paciente ha de cogerse una mano con la otra y estirar fuerte de ellas. Aparentemente se consigue, a través de la activación de la musculatura braquio-escapular, originar estímulos excitantes a nivel de la médula espinal sobre las motoneuronas de los extensores del muslo. El umbral de estas motoneuronas baja tanto en esta situación que una ligera estimulación (aquí: extensión del músculo) es suficiente para conseguir una contracción.

Los atletas se aprovechan consciente o inconscientemente de este fenómeno cuando realizan con el músculo cuádriceps femoral (parte anterior del muslo) contracciones explosivas:

- La elevación del codo al enderezarse desde la posición de cuclillas con las pesas delante de ellos.
- La fuerte implicación de los brazos en el sprint, cuya importancia para el aumento de la frecuencia de zancadas podemos entender ahora. Si sólo realizan un movimiento de péndulo con ellos, no obtendrán una influencia más activa sobre el movimiento de las piernas.

Estos valiosos procesos de adaptación sólo se conseguirán con un gran esfuerzo de entrenamiento. Los ejercicios tienen que ser técnicamente correctos para ser eficaces. Pero la precisión sufre cuando el cansancio provoca movimientos compensatorios.

Las fuentes energéticas y la regeneración

Es deseable, pues, esforzar los músculos y el SNC sólo en estado de descanso. El volumen de entrenamiento necesario, sin embargo, sólo permite un tiempo limitado de recuperación.

Debemos mejorar entonces la capacidad de recuperación de los músculos. Esto es factible *mejorando las fuentes energéticas aeróbicas*, es decir, perfeccionando la capacidad de resistencia aeróbica.

Aunque el trabajo de fuerza sea anaeróbico en el momento de realizarlo, se puede acelerar su regeneración en las fases de descanso, optimizando el abastecimiento del músculo a través de los capilares y mejorando el aprovechamiento metabólico del oxígeno ofrecido a la fibra muscular.

Si el rendimiento no consiste en pocas contracciones musculares fuertes, este aspecto de las fuentes energéticas y la aceleración de la recuperación se convertirá en decisivo para el rendimiento.

Las malas lenguas dicen que la resistencia sólo es el intento menos apreciable de tapar la falta de genialidad con la persistencia. Pero la posi-

bilidad del organismo de trabajar la resistencia se ha de considerar como una jugada genial para el trabajo muscular:

Las condiciones metabólicas aeróbicas permiten a los músculos realizar una gran cantidad de trabajo. Cuanto mejor se alimenta al músculo en estas condiciones con oxígeno, mayor podrá ser su fuerza desarrollada, lo que le permite realizar el trabajo en menos tiempo, o sea, incrementar el rendimiento.

La importancia de la capacidad de regeneración se ve claramente si estudiamos el proceso de contracción con más detalle.

Independientemente de que la contracción muscular se realice dentro de un trabajo de resistencia, velocidad o fuerza, la reacción entre actina y miosina siempre depende de los mismos factores: la despolarización de la fibra muscular produce una liberación explosiva de iones Ca^{++} hacia el interior de la célula.

Los iones Ca^{++} se unen a las moléculas de tropomiosina-troponina que se encuentran en el filamento de actina. Esta unión tiene como consecuencia que la actina se pone a disposición de la miosina. Sólo entonces puede activar una enzima situada en la cabeza de la miosina que disocia el ATP que también se encuentra en la cabeza de la miosina. Esta disociación del ATP que libera energía inicia procesos de trabajo mecánico que aún hoy no se conocen en sus detalles: la cabeza de la miosina se puede unir ahora a una molécula de actina del filamento delgado, provocando con un movimiento de desdoblamiento el deslizamiento ya descrito del filamento de actina en dirección al centro del sarcómero. Para volver a dejar esta posición se necesita ATP; su nuevo enlace con la cabeza de la miosina produce la disociación del complejo actina-miosina. Para conseguir esto debe reducirse simultáneamente la concentración de Ca^{++} en el interior de la célula, a fin de que el complejo tropomiosina-tropomiosina pueda impedir que las moléculas de actina activen de nuevo la miosina-ATP-asa; por otro lado, el ATP de la cabeza de la miosina se volvería a disociar en seguida y sería imposible una separación del complejo actina-miosina.

Si no se dispone de ATP, las dos moléculas permanecerían en su formación de puente, lo que llamamos rigidez muscular.

Tanto la síntesis de ATP como la reabsorción de Ca constituyen pasos que gastan energía. Como ya sabemos por algunos estudios, el contenido de ATP en la fibra muscular se mantiene siempre en un determinado nivel, así que con un mayor trabajo muscular se exigen inmediatamente las medidas de restauración y de recuperación de energía.

Los atletas aceptan esto para los trabajos de resistencia y también de velocidad, pero, en cuanto a la fuerza, los deportistas creen que las reservas de fosfocreatina muscular son suficientes para recuperar la energía.

Esto es cierto para un número limitado de contracciones musculares, pero para la capacidad de rendimiento durante un programa de entrenamiento son decisivas las condiciones de las fuentes para trabajos aeróbi-

cos del músculo en función del balance de ATP y de las posibilidades de reabsorber Ca^{++} .

La «dureza» muscular es por ello una señal segura de fuentes energéticas insuficientes debido a las malas condiciones del músculo en esfuerzo. El aumento de la masa muscular incrementa en igual medida sus necesidades de O_2 ; por eso un atleta potente destacará en el entrenamiento por su calentamiento específico antes del entrenamiento y su constante moverse entre ejercicio y ejercicio.

Todas estas medidas apuntan hacia un aumento del riego sanguíneo y con ello una mayor aportación de O_2 a la musculatura, que trabaja incluso durante el ejercicio.

La velocidad y el volumen de los procesos de adaptación dependen de la capacidad de recuperación, puesto que sólo se pueden desarrollar durante la fase de descanso, una vez eliminadas las modificaciones del medio a nivel del tejido muscular, provocadas por el esfuerzo. Estas modificaciones del medio consisten sobre todo en la acumulación de productos metabólicos (metabolitos).

Para disociar éstos a nivel del músculo o para eliminarlos, debe haber la suficiente irrigación del tejido. Es la única forma de garantizar una cantidad suficiente de oxígeno para la disociación o bien para acelerar la eliminación de los metabolitos.

Un entrenamiento de la resistencia a nivel local mejora decisivamente las condiciones para ello:

- incremento de la capilarización, en el sentido de aumentar la superficie de intercambio entre capilar y fibra muscular, aumentando la aportación de sangre al músculo;
- incremento de tamaño y número de las mitocondrias¹ y multiplicación de las enzimas para acelerar las posibilidades de las fuentes energéticas con el fin de eliminar los metabolitos.

Una buena formación de base del atleta a nivel de la resistencia en general ha de crear las posibilidades para la adaptación del sistema cardiovascular; durante la fase de perfeccionamiento apenas queda tiempo para ello. Pero en este nivel y hasta el de alto rendimiento, las medidas para mejorar la resistencia aeróbica local forman una parte imprescindible del entrenamiento.

Las diferentes condiciones de cada uno, en cuanto a sus fuentes energéticas aeróbicas, explican la dificultad de poder establecer tiempos de recuperación globales entre los diferentes esfuerzos de una sesión de entrenamiento.

1. Las mitocondrias son órganos celulares, de un tamaño de unos $0,5\mu$, en los que se produce energía por vía aeróbica.

La fuente energética para la resíntesis del ATP la forman, en primer lugar, los almacenes de fosfocreatina. Su regeneración sólo requiere de 1-3 minutos. Estos datos se basan en mediciones y cálculos con corredores de 100 m lisos que ofrecieron a MADER y a sus colaboradores (1983) consejos esenciales para la programación de los entrenamientos de velocistas.

Estos tiempos (véase también tabla 2) coinciden asimismo con los tiempos de recuperación subjetivamente establecidos, por halterófilos muy bien entrenados, para los descansos entre sus diferentes series de ejercicios.

Tabla 2. Tiempos de regeneración posibles después de trabajos de fuerza.

	Tiempo de regeneración entre las series	Tiempo de regeneración entre sesiones de entrenamiento
Principiantes	2-5 minutos	Unas 12-18 horas
Deportistas de rendimiento y de alto rendimiento	1-2 minutos	Unas 3-6 horas

Nota: Estos tiempos sólo son válidos para una recuperación del 90 %, aproximadamente; la regeneración completa dura, en parte, mucho más tiempo; para principiantes, por ejemplo, después de una sesión intensa de entrenamiento, hasta 84 horas.

Según esto, los atletas todavía pueden aprovechar la disminución del umbral de la membrana, iniciada por el ejercicio anterior, mejorando así la sensibilidad del músculo para ejercicios posteriores –suponiendo que las posibilidades energéticas hayan permitido que el músculo vuelva a su estado de «poder trabajar».

Si no se cumplen estos requisitos se han de prolongar los descansos a pesar de no poder aprovechar ya la mejora de la sensibilidad del músculo. Una disminución forzada del descanso, sin recuperación suficiente del músculo, repercute en las fuentes energéticas del mismo, no sólo en su trabajo de contracción sino también en la reabsorción de Ca^{++} , provocando la rigidez muscular.

En este momento se demuestra la importancia esencial de una buena capacidad regenerativa para una mayor eficacia del entrenamiento de la fuerza. ¡La velocidad de la regeneración, sin embargo, depende de la *capacidad de resistencia aeróbica!*

Los aspectos físicos de la fuerza

La fuerza como magnitud física

La física define la fuerza como el origen de la modificación de los movimientos de los cuerpos; esto es también válido para los movimientos deportivos. La magnitud de la fuerza es el producto entre masa y aceleración:

$$F = m \cdot a = (\text{kg} \cdot \text{m/s}^2) = (\text{N}) \text{ Newton}$$

En el sistema «hombre», la masa corresponde a la masa corporal y la aceleración sobre ella queda representada por la capacidad o velocidad de contracción de los músculos. Puesto que la fuerza guarda una relación directa con los factores (m) y (a), podemos incrementarla aumentando tanto (m) como (a) o (m y a). Todo esto queda limitado cuando analizamos la práctica deportiva: los incrementos de la fuerza, desde un nivel inicial previo al comienzo del entrenamiento de la fuerza hasta finalizado éste, encuentran su techo en torno al 300 %. De este 300 % sólo el 65 % se consigue con el incremento de la velocidad de contracción, así que las mayores posibilidades para aumentar la fuerza se sitúan en el incremento de la masa corporal a base del crecimiento muscular. Esto ha llevado a plantearse el aumento de la fuerza en el entrenamiento exclusivamente a través del incremento muscular, independientemente de los objetivos a alcanzar. Pero esto sólo tiene sentido hasta que se haya obtenido la relación óptima –que es específica para cada deporte– entre masa corporal y talla, o bien entre masa corporal y fuerza absoluta. Esta relación específica óptima no sólo se ha de enfocar por razones de rendimiento, sino también por razones higiénicas. Para poder cumplir las exigencias específicas de cada deporte sin mayor riesgo para la salud, debe haber una correspondencia entre la masa corporal (sección corporal) y la talla.

Ejemplos práctico-deportivos

En la *halterofilia*, por ejemplo, se produce una mayor carga sobre el tronco del deportista, al doblarlo o curvarlo en el momento de cambiar el apoyo de las pesas, ya que éstas en su posición sobre el pecho del deportista se sitúan por fuera de la línea vertical de gravedad (columna vertebral). La relación entre brazo de resistencia y de potencia –en este caso corresponde a las distancias entre pesas y centro de la columna vertebral (=15 cm) y desde ahí hasta el final del coxis (inserción del músculo; = 5 cm)– es aproximadamente de 3:1 (véase fig. 19).

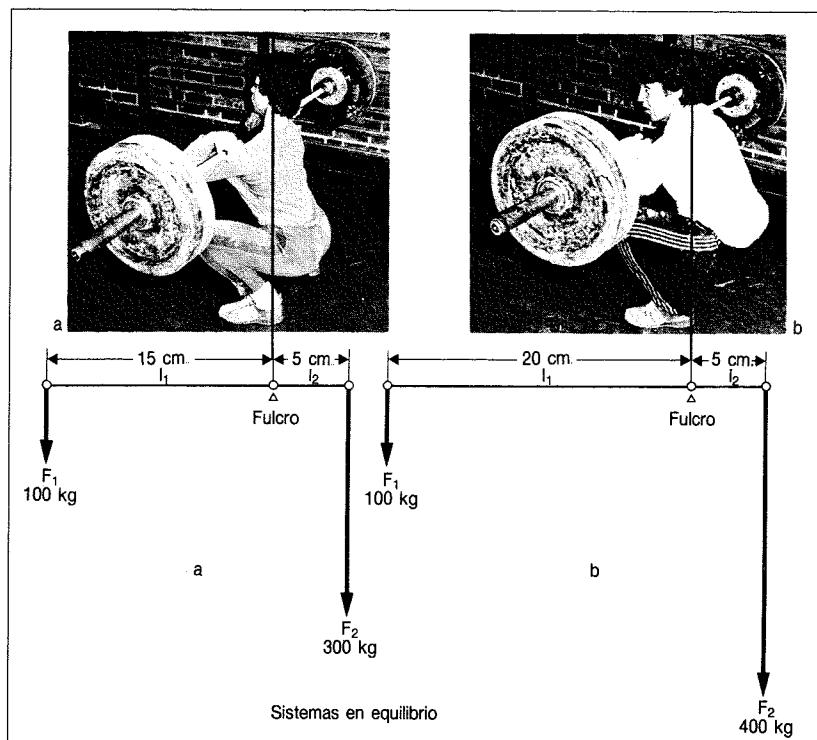


FIGURA 19: Relación entre brazo de resistencia y de potencia en posición vertical (a) y doblada (b) del tronco en el ejemplo de las sentadillas o bien de la modalidad de halterofilia del movimiento en dos tiempos.

Esto significa que 100 kg sobre el pecho del atleta corresponden a una carga de 300 kg (!) sobre los músculos de la espalda, siempre que el tronco mantenga una posición vertical. Un doblamiento del tronco a causa de la sobrecarga, sino que también se aumentan las posibilidades de daños a nivel de la musculatura de la espalda y de la columna vertebral (sobre todo a nivel lumbar).

Otros deportes también requieren una relación óptima entre masa corporal y fuerza máxima. Un gimnasta, por ejemplo, sólo puede realizar el «Cristo» en las anillas cuando su fuerza relativa –que es la relación entre fuerza máxima y masa corporal– sea aproximadamente igual a 1 (ZACIORSKIJ, 1977).

La relación entre la masa corporal y el incremento de la fuerza

El incremento de la masa corporal por encima de la relación óptima es poco eficaz, ya que no existe relación lineal entre incremento de la masa corporal y de la fuerza. La masa corporal aumenta antes que la fuerza, puesto que la masa se incrementa elevándose al cubo (área de sección \times longitud), mientras que el incremento de la fuerza sólo depende de un aumento del área de sección muscular, es decir, de un cuadrado (ZACIORSKIJ, 1977). Esto significa que la fuerza absoluta sí puede ir aumentando, mientras que la capacidad de aceleración y la fuerza relativa decrecen, ya que se ha de mover demasiada «masa».

Si un gimnasta, por ejemplo, aumenta su fuerza máxima y a la vez su masa corporal, de forma que la relación fuerza máxima dividida por la masa corporal se sitúe por debajo de 1, no podrá realizar el «Cristo».

Otra desventaja de ello es la disminución de la capacidad de aceleración, además de la reducción de la fuerza relativa. Esto se ha de considerar sobre todo para los deportes o disciplinas que emplean instrumentos de un peso constante y bajo, por ejemplo, tenis, balonmano, lanzamiento de jabalina, etc. Los resultados dependen entonces de la velocidad inicial de estos instrumentos, y ésta, a su vez, de la capacidad de acelerar del deportista.

Si lo comparamos con la tecnología, el hombre presenta tanto ventajas como inconvenientes con respecto a esta capacidad. El doblar la masa de un avión, por ejemplo, manteniendo el rendimiento de su motor (impulsión para acelerar), provoca una reducción a la mitad de la capacidad de acelerar.

Ejemplo:

Un vehículo (turismo) tiene una masa de 1.000 kg y es acelerado en 20 seg a la velocidad de 100 km/h (100 km/h = 360 m/s). Cuestiones:

1. ¿Cuáles son la aceleración y la fuerza desarrollada?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{360 \text{ m/s}}{20 \text{ seg}} = 18 \text{ m/s}^2$$

v = velocidad
a = aceleración
t = tiempo

$$F = m \cdot a = 1000 \text{ kg} \cdot 18 \text{ m/s}^2 = 18.000 \text{ kg m/s}^2$$

2. ¿Cuál es la aceleración, si doblamos la masa del vehículo a 2000 kg, manteniéndose igual la fuerza?

$$F = m \cdot a$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{18.000 \text{ kg m/s}^2}{2000 \text{ kg}} = 9 \text{ m/s}^2$$

$$F = m \cdot a = 2000 \text{ kg} \cdot 9 \text{ m/s}^2 = 18.000 \text{ kg m/s}^2$$

De este ejemplo se desprende que el doblar la masa no cambia la situación frente a la fuerza desarrollada de 18.000 kg m/s²; pero la aceleración se ha reducido a su mitad, a 9 m/s².

La ventaja del hombre frente a la tecnología radica en este caso en que su capacidad de acelerar no guarda una relación directa con el incremento de la masa, puesto que el incremento de la masa en forma de músculos también contiene elementos aceleradores. En la tecnología podemos mantener la aceleración de un vehículo, por ejemplo, utilizando un motor de mayor potencia como fuerza aceleradora correspondiente, pese a un incremento de la masa. Éste es el inconveniente en el caso del hombre frente a la tecnología.

Otros aspectos concretos de la mecánica

La musculatura es un órgano contráctil que permite el movimiento de segmentos del cuerpo entre sí. Este movimiento se realiza principalmente alrededor de puntos o ejes de giro –articulaciones–, lo que le da un carácter radial. Este hecho es decisivo para el empleo de la fuerza, dado que los movimientos radiales de segmentos corporales alrededor de las articulaciones modifican constantemente los momentos de fuerza¹ o las palancas, lo que cambia en cada instante las exigencias a la fuerza del músculo. La musculatura se adapta a las diferentes circunstancias para garantizar un movimiento armónico. Un ejemplo típico de ello es la musculatura flexora del brazo.

La figura 20 intenta plasmar la problemática compleja de las fuerzas existentes. Aquí se ve claramente la importancia que tienen los siguientes puntos para ejercicios de fuerza:

- el lugar de la palanca en el que actúa el músculo, es decir, su distancia del punto de apoyo o fulcro (cuanto mayor sea, mejores condiciones para el desarrollo de la fuerza);
- el ángulo con el que actúa el músculo (en realidad, los músculos).

Durante una flexión de brazos de 150°, por ejemplo, el momento de fuerza se aumenta desde cero para el brazo estirado hasta un máximo de 90° entre brazo y antebrazo, volviendo a cero cuando los dos segmentos estén casi paralelos. Los músculos que se encuentran entre brazo y antebrazo impiden el aprovechamiento total del grado de libertad articular de 180°. Éste se disminuye, en nuestro ejemplo de «la flexión del brazo», con un mayor desarrollo de los músculos de brazo y antebrazo.

1. El momento angular está definido como el producto entre momento de fuerza y aceleración angular ($D = I \alpha$), o bien como el producto entre la fuerza y el radio de la rotación (brazo de resistencia): $D = F \cdot r$ (para más detalles, véase BÄUMLER/SCHNEIDER: *Biomecánica deportiva*, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1989).

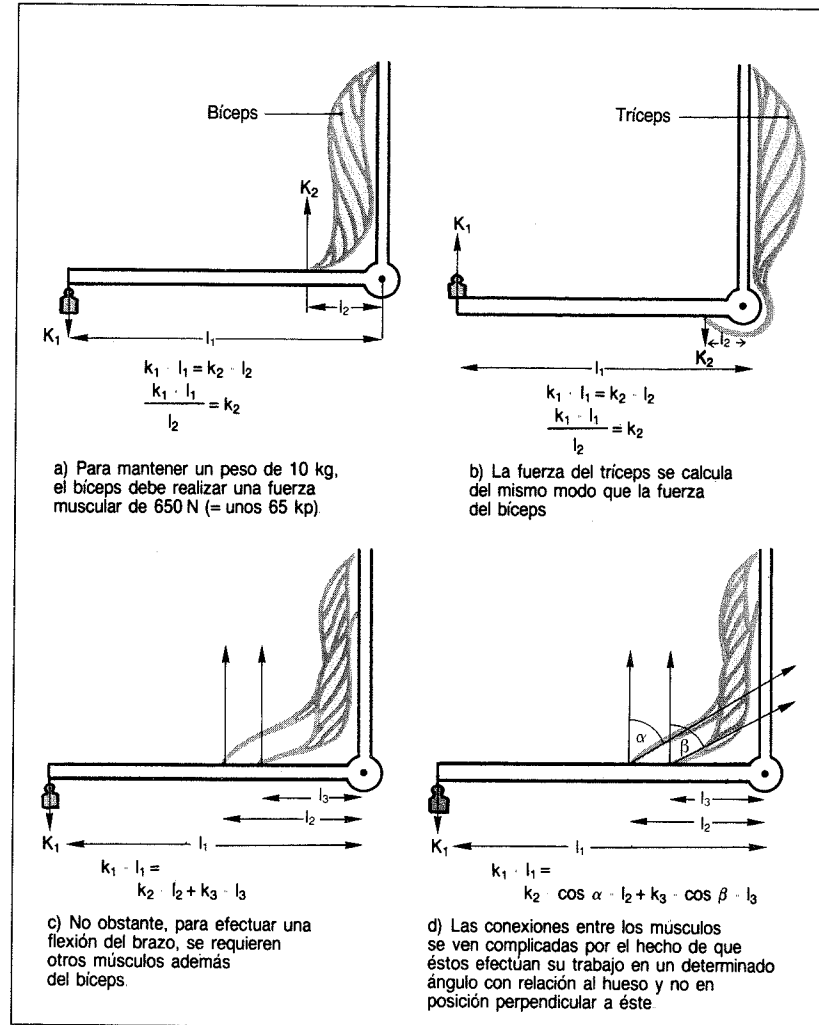


FIGURA 20: Esquema de las fuerzas que se producen a nivel del antebrazo (fuente: GROSSER y cols., 1983, 42).

Los músculos se adaptan adquiriendo una forma abombada, es decir, que aumentan o disminuyen su área de sección, todo ello en una relación proporcional al incremento o la disminución del momento de fuerza o bien de las necesidades de fuerza.

Otras formas de aumentar el grosor, y con ello la fuerza cerca del extremo inferior o superior de un grupo muscular, son el resultado de exigencias correspondientes (esfuerzos) en esta área (véase fig. 21).

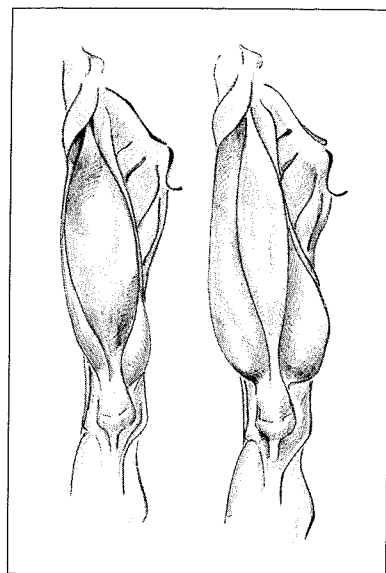


FIGURA 21: Formas de adaptación del perfil muscular como consecuencia de su implicación en distintas áreas, demostrado en el ejemplo del músculo cuádriceps femoral.

No obstante, es una ventaja que zonas menos implicadas de un músculo dispongan de una mayor fuerza, puesto que ello aumenta en general la velocidad de los movimientos. Esto afecta sobre todo a las disciplinas en las que se debe imprimir una determinada velocidad (inicial) al cuerpo o sus segmentos o a instrumentos. Si comparamos, por ejemplo, la velocidad inicial de una jabalina de 500 g (unos 108 km/h) con la de un peso de 7,25 kg (unos 29 km/h), vemos que ésta depende de la aceleración, y ésta, a su vez, de la fuerza de impulsión (que corresponde en este caso a toda la fuerza muscular del deportista) y de la masa del aparato.

En el ejemplo de la flexión máxima de brazo observamos que momentos de fuerza inferiores al principio o al final del ejercicio hacen que también se necesite menos fuerza que a la mitad del recorrido, que es la zona de momentos grandes de fuerza (véase fig. 22). El exceso de fuerza en estas zonas puede emplearse para incrementar la velocidad. Concre-

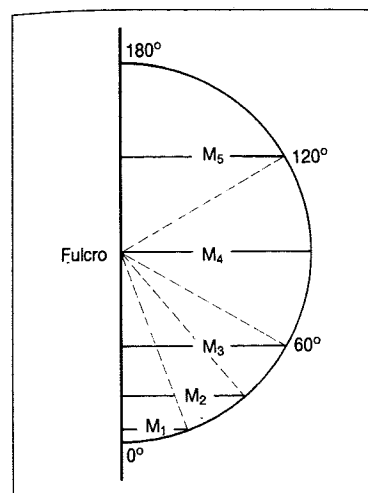


FIGURA 22: Momento angular creciente y decreciente durante la flexión del brazo en 180°.

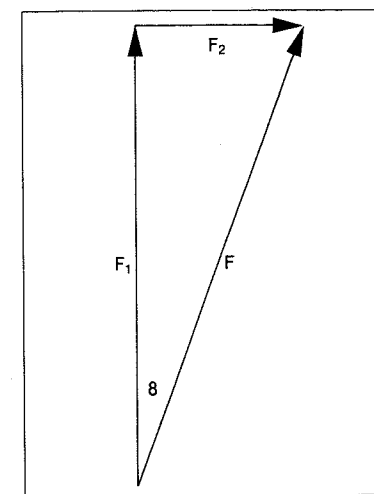


FIGURA 23: Descomposición de la fuerza diagonal F (resultante) en dos componentes F_1 y F_2 .

tamente, una mayor velocidad inicial produce indirectamente una menor pérdida de velocidad a la mitad del recorrido, mientras que una mayor velocidad al final del trayecto significa directamente una mayor velocidad final.

La mayor fuerza que se requiere para aumentar la velocidad provoca mayor grosor en los extremos del músculo, es decir, que nos encontramos con un músculo que tiene una forma casi «cilíndrica».¹

Un músculo «cilíndrico» también es más eficaz desde el punto de vista de la mecánica, ya que las fibras implicadas actúan durante una contracción en la misma dirección que su línea de mayor eficacia (contrariamente a los músculos abombados en uno u otro extremo, donde una mayoría de las fibras actúa en dirección transversal a su línea de mayor eficacia).

Siguiendo los principios de la descomposición de las fuerzas, podemos dividir una fuerza transversal en dos (véase fig. 23), contando sólo la fuerza en dirección al movimiento, puesto que la otra fuerza perpendicular al movimiento no interviene en el desarrollo de la misma.

Si suponemos que el 50 % de las fibras inervadas de los flexores del brazo trabajan transversalmente con un ángulo de 26° con su línea de mayor eficacia, y que hemos de aplicar una fuerza de 26 kg, sólo ten-

1. Esto significa, por ejemplo, para el cuádriceps, que las cuatro componentes están igualmente entrenadas.

dríamos que emplear 18,98 kg si las fibras fueran paralelas a la línea de acción.

$$\begin{aligned} \frac{20 \text{ kg}}{2} &= 10 \text{ kg} + 10 \text{ kg} \times \cos \alpha \quad (\alpha = 26^\circ) \\ &= 10 + 10 \times 0,898779 \\ &= 10 + 8,99 \\ &= \underline{18,99 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Esto representa un ahorro de fuerza de 1 kg = 5 %.

No obstante, existen enormes dificultades para entrenar un músculo mediante un entrenamiento normal de la fuerza, en todas sus zonas y de una forma equilibrada. Esto sólo es factible modificando el plano de movimiento mediante aparatos específicamente desarrollados para ello.

Este traslado del plano de movimiento también puede necesitarse por otras razones, por ejemplo, para cargar una mayor zona de un músculo o de un grupo muscular con mayor eficacia, o bien para entrenarlo, forzando así el entrenamiento de la fuerza a favor de un deporte o disciplina. *Ejemplo:* El levantarse desde la posición de estirado en el suelo sobre la espalda (flexión del tronco) casi no es posible de una forma completa, describiendo el tronco un ángulo de 180°. La zona de mayor eficacia de los abdominales que promueven este ejercicio sólo comprende unos 60° como máximo, es decir, una tercera parte de 180°.

La máxima carga (momento máximo de fuerza) realizada al principio del movimiento se reduce progresivamente, puesto que los momentos de fuerza son cada vez más pequeños (véase fig. 24). En presencia de una flexibilidad correspondiente de los músculos de la espalda, no existe ninguna carga para los abdominales cuando se sobrepasa la posición de 90°, puesto que esta última parte del movimiento se realiza exclusivamente a base de gravedad.

Si trasladamos el plano de movimiento para las flexiones del tronco a 45°, por ejemplo (realizando el ejercicio sobre un banco inclinado), no modificamos la amplitud del movimiento del tronco, que es de 180°, pero alargamos la zona de eficacia de la carga a 45°, puesto que el efecto de la gravedad no comienza hasta los 135° (véase fig. 25).

No obstante, este alargamiento de la zona de carga se efectúa a expensas de una menor carga inicial de los abdominales, puesto que la inclinación provoca un momento inicial de fuerza inferior y con ello una carga también inferior (véase fig. 26).

Con mayor inclinación se reduce en este caso la carga inicial. En el ejemplo de las flexiones de tronco no sólo se alarga sino que a la vez se modifica la zona de carga con este traslado del plano de movimiento. Frente a la flexión en posición horizontal, que incide sobre todo en la

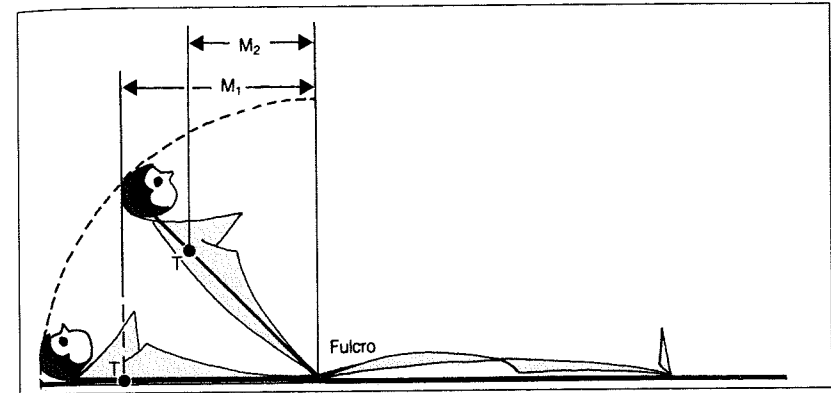


FIGURA 24: Disminución de la carga para los músculos abdominales por la reducción del momento angular al enderezarse.

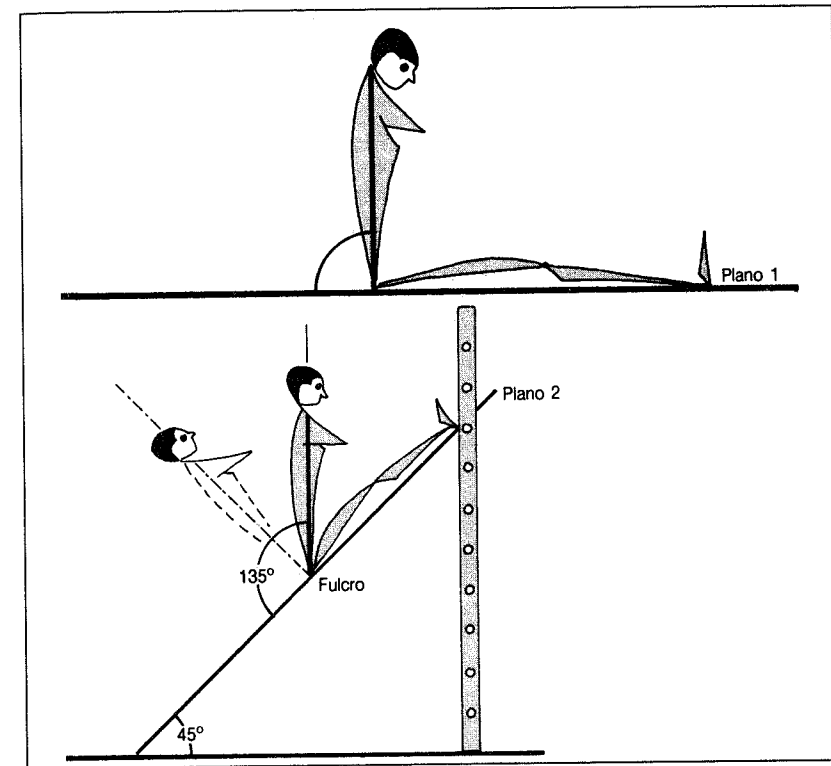


FIGURA 25: Prolongación del plano efectivo de los músculos abdominales mediante traslación del plano del movimiento.

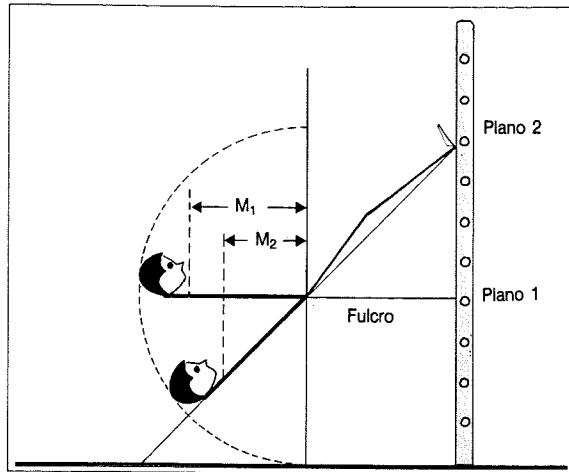


FIGURA 26: Reducción del momento angular inicial mediante traslación del plano de movimiento.

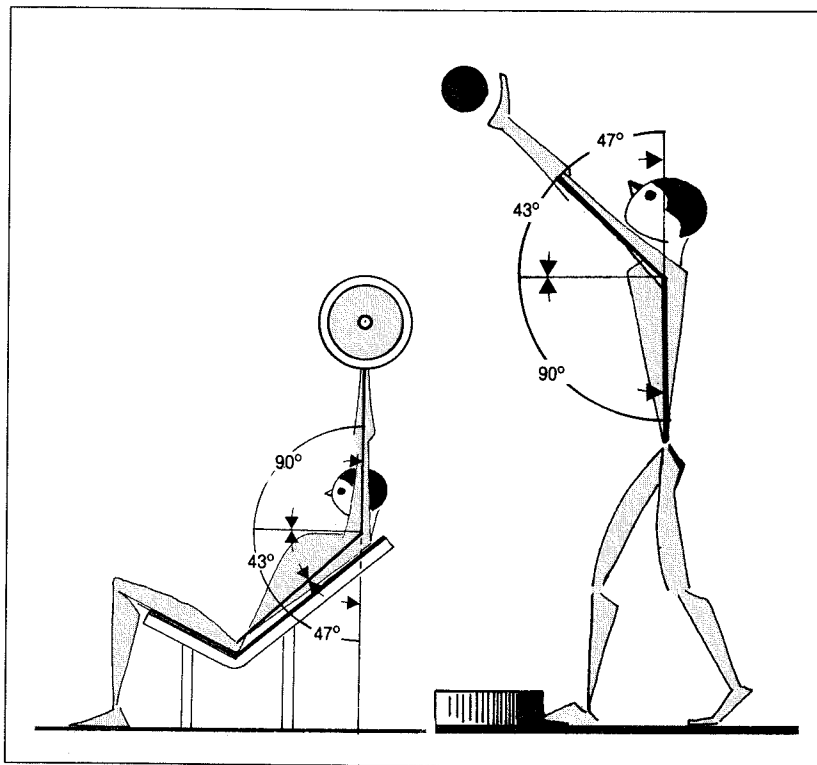


FIGURA 27: Traslación de la dirección de lanzamiento de peso a lo largo de 47°.

parte superior de los abdominales, debido al elevado momento inicial de fuerza, se traslada el efecto hacia la parte central de los abdominales cuando se realiza el ejercicio sobre un banco inclinado, disminuyéndose los momentos iniciales de fuerza.

Para entrenar también la parte inferior de los abdominales de una manera óptima, tenemos que colocar entonces las piernas hacia abajo en lugar del tronco. Para desarrollar el tema que nos ocupa no nos importa por ahora que en estos ejercicios de levantar el tronco y las piernas no sólo intervengan los abdominales sino también otros músculos.

Otro aspecto que incide en la efectividad del entrenamiento específico de la fuerza es la *dirección del movimiento en la disciplina concreta* que ya mencionamos, puesto que el objetivo es:

- hacer coincidir los músculos que intervienen primordialmente en el entrenamiento de la fuerza con los de la disciplina deportiva;
- de esta forma se pueden excluir también los músculos que no intervienen en absoluto en el movimiento;
- este entrenamiento adaptado a la técnica mejora además la coordinación motriz correspondiente.

Por ejemplo, para la disciplina del lanzamiento de peso no es posible un entrenamiento de la fuerza máxima con la barra de pesas para los músculos extensores de brazo y pecho en la misma dirección en la que se efectúa el lanzamiento, por falta de una superficie de apoyo. Ésta, a su vez, no existe porque la dirección del lanzamiento se realiza desde el cuerpo a unos 43° en relación a la horizontal. Si desplazamos, sin embargo, el plano del movimiento a 47° mediante un banco inclinado, podemos realizar un entrenamiento efectivo de la fuerza, puesto que entonces coincide la dirección del movimiento en el entrenamiento con la realidad de la disciplina, y se dispone de una superficie de apoyo (véase fig. 27).

La forma de manifestarse de la fuerza

La fuerza de base

De los fundamentos expuestos hasta ahora se desprende ante todo que sólo existe una forma de fuerza muscular. La física define esta fuerza como el producto entre masa y aceleración, y la biología/teoría del entrenamiento la describe como la actividad efectiva del músculo. A esta forma de fuerza la denominamos *fuerza de base*.

Contracciones dinámicas y estáticas

Debido a las distintas resistencias existentes en las tareas motrices, los músculos ejercen la llamada fuerza de base mediante dos *formas de trabajo* diferentes desde el punto de vista físico-fisiológico, basadas cada una en *formas de contracción muscular* específicas (véanse tabla 3 y fig. 28).

Los músculos se contraen prácticamente en muy pocos casos de una forma pura (por ejemplo, sólo *isotónicamente*, es decir, modificando la longitud de la fibra muscular, o sólo *isométricamente*, es decir, modificando la tensión del músculo sin cambiar su longitud); la mayoría de los movimientos deportivos requieren formas mixtas (predominando las contracciones *auxotónicas*, es decir, modificándose tanto la tensión como la longitud del músculo), con predominio dinámico (= movimiento) o estático (= mantener posición).

El trabajo dinámico se emplea sobre todo en movimientos cortos y rápidos (incluso trabajos de resistencia que se intercambian con fases de descanso); el estático se emplea tanto en tiempos cortos como largos (véase a continuación).

El nivel de fuerza de una contracción muscular

El nivel de la fuerza desarrollada es inferior en los trabajos dinámicos que en los estáticos, consiguiéndose una menor fuerza en las contracciones concéntricas que en las excéntricas, así que resulta el siguiente esquema de distribución desde la mínima fuerza desarrollada a la máxima:

1. Actividad muscular dinámico-concéntrica
2. Actividad muscular dinámico-excéntrica
3. Actividad muscular estática
4. Actividad muscular estático-concéntrica
5. Actividad muscular estático-excéntrica

La sucesión de las contracciones musculares en los movimientos deportivos

Sabemos que los movimientos deportivos están estructurados en fases,¹ comenzando cada uno con una fase inicial en dirección opuesta. Al final de esta fase inicial se frena el movimiento y se invierte. La musculatura adquiere en este instante una mayor tensión y, en la mayoría de

1. Véase GROSSER/NEUMAIER: *Técnicas de entrenamiento*, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1986.

Tabla 3. Formas de trabajo y de contracción de la musculatura.

Formas de trabajo muscular		Formas de contracción
Dinámico	En su forma pura (no frecuente): superar	En su forma pura (no frecuente): isotónica
	Frecuentemente: mantener	Isométrico-concéntrica, auxotónica
	o: mantener-ceder	Isométrico-excéntrica, auxotónica
Estática ¹	En su forma pura: mantener	Isométrica
	Pero a menudo: mantener y mover	Auxotónica

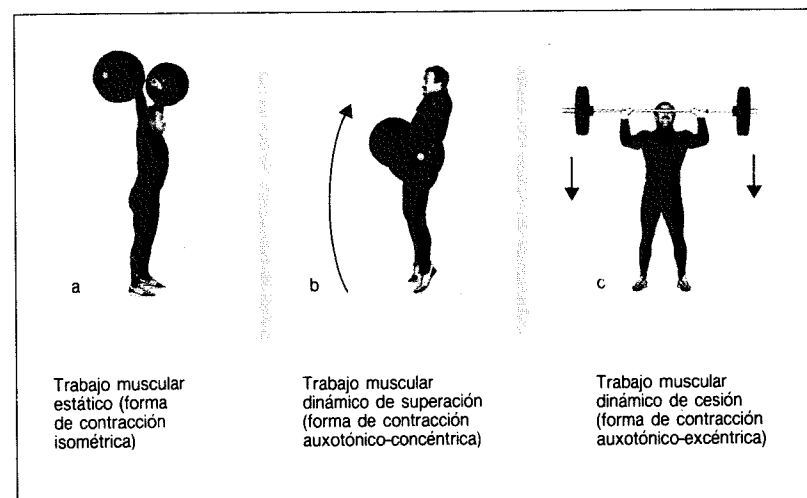


FIGURA 28: Movimientos con trabajos dinámicos y estáticos de la musculatura.

los casos, también una mayor extensión (= contracción muscular isotónico-excéntrica). Ejemplos:

- Batida: Apoyo (bloqueo) de la pierna de apoyo en contra de la dirección del salto (resultando un impulso de frenado con elevada contracción isométrico-excéntrica; véase fig. 29); luego, trabajo de superación mediante contracción muscular isométrica y concéntrica.

1. Se acuerda también la existencia de condiciones estáticas cuando las cargas son de una magnitud que sólo permite movimientos muy lentos durante la contracción o bien que exige una extensión muy lenta del músculo en forma de ceder.

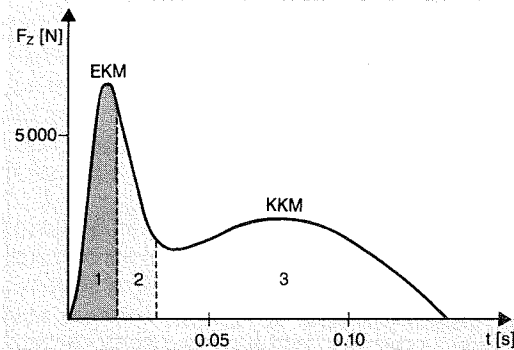


FIGURA 29: La curva vertical fuerza-tiempo de un movimiento de batida como ejemplo de una secuencia de varias formas de contracción muscular. Zona 1: contracción excéntrica, Zona 2: isométrica, Zona 3: concéntrica. Las zonas 1 y 2 forman la frenada, 3 la aceleración (no se conocen los cambios exactos, aquí se fijaron de manera aproximada). EKM = máximo de fuerza excéntrica, KKM = máximo de fuerza concéntrica.

- Levantamiento de una carga (por ejemplo, pesas): Tensión al comienzo (contracción isométrica) a nivel de los músculos de apoyo, de sostén y funcionales; luego, elevada contracción isométrico-concéntrica o bien puramente concéntrica (isotónica) de corta duración.

Conclusión: Cualquier movimiento comienza con una tensión o extensión más o menos elevada, es decir, con una contracción muscular isométrico-excéntrica que luego es contrarrestada con una contracción isométrico-concéntrica. En la figura 29 se representa esta sucesión de contracciones.

Aplicaciones prácticas

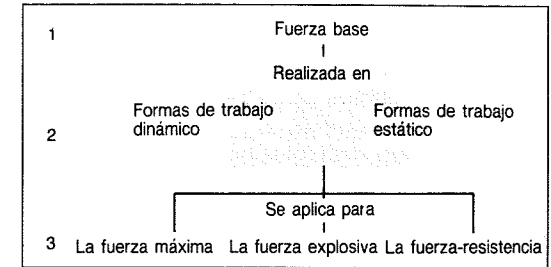
La fuerza de base, realizada de forma dinámica y/o estática, se manifiesta en la práctica deportiva en tres formas conocidas de aplicación, que se diferencian en cuanto al nivel de fuerza y su duración:

- fuerza máxima, definida como la capacidad de alcanzar la máxima fuerza posible;
- fuerza explosiva, definida como la capacidad de alcanzar la fuerza en el menor tiempo posible;
- fuerza-resistencia, definida como la capacidad de mantener la fuerza el máximo tiempo posible o repetirla muchas veces.

En total, tenemos teórica y prácticamente tres manifestaciones o categorías aplicativas de la fuerza muscular humana: véase figura 30.

A continuación nos centraremos brevemente en las aplicaciones prácticas y en la discusión de los tipos y métodos de entrenamiento que orientan esta misma clasificación práctica.

FIGURA 30: Manifestaciones o categorías de aplicación de la fuerza en el deporte.



La fuerza máxima

La fuerza máxima es la máxima fuerza que se puede ejercer intencionalmente frente a una resistencia; se manifiesta tanto en su forma dinámica como estática.

En un *trabajo puramente estático* se mantiene un equilibrio entre las fuerzas musculares y las fuerzas externas opuestas.

La fuerza estática (máxima) se requiere para:

- sostener cuerpos u objetos (por ejemplo, en el tiro, para mantener el arma);
- situaciones en las que el trabajo dinámico es insuficiente para superar una mayor fuerza externa;
- la mayoría de los comienzos de un movimiento o bien para fases de apoyo o de impulsión.

La fuerza máxima en su *versión dinámica* aparece cuando:

- por pequeñas que fuesen las fuerzas externas que intervienen, no se podrían superar (= fuerza máxima dinámica de superación);
- las fuerzas externas que intervienen son superiores (= fuerza máxima dinámica de cesión; estrechamente relacionada con la fuerza máxima estática).

Un deportista familiarizado con el entrenamiento de la fuerza o con ejercicios de fuerza dinámica no muestra diferencias importantes entre sus capacidades de fuerza máxima estática y dinámica. El desarrollo de la fuerza dinámica sólo se disminuye, frente al de la fuerza estática, en aquella parte que es necesaria para acelerar el aparato o instrumento a mover.

Por ejemplo, un halterófilo de 90 kg de peso corporal, que desarrolla una fuerza estática de 200 kp en sus músculos de tracción, podría, con la correspondiente técnica, levantar unos 120 kg. La diferencia de 80 kg se compone de 52,5 kg, que es una parte del peso corporal, y otros 27,5 kg que necesita el deportista para acelerar pesas y parte de su cuerpo hasta

unos 1,75 m/s². Esta aceleración proporciona a las pesas una velocidad de 1,5 m/s, que es imprescindible para el éxito del intento.¹ La parte de 52,5 kg, del peso corporal, aproximadamente un 60 % del mismo, se ha de tener en cuenta, puesto que también se debe acelerar el cuerpo por encima de las rodillas.

Los factores decisivos para el rendimiento de la fuerza máxima estática y dinámica son: sección muscular y número de fibras, estructura muscular, longitud de las fibras musculares y ángulo de tracción, coordinación intra e intermuscular, velocidad de contracción de los músculos, fuentes energéticas, características antropométricas, extensión previa del músculo y motivación. Estos factores dependen del estado de entrenamiento, el sexo y la edad, aparte de las condiciones genéticas.

La fuerza explosiva

Los resultados de muchos deportes están en función de la velocidad ejercida sobre el cuerpo del mismo deportista o bien sobre el del adversario (por ejemplo, en los deportes de lucha), sobre determinadas partes del propio cuerpo o sobre el instrumento deportivo.

Esto es incluso válido para la halterofilia: las pesas han de alcanzar una velocidad mínima si el intento sale bien. Si esta velocidad no se consigue, por ejemplo porque el peso se escogió demasiado elevado, el atleta no dispondrá del tiempo suficiente para la siguiente flexión de piernas, por ejemplo, y el intento falla.

Puesto que la velocidad (v) es un producto de los factores aceleración (a) y tiempo (t) ($v = at$), los resultados dependen del valor que alcanza la aceleración del cuerpo, de partes de él o de los instrumentos utilizados y del tiempo que se puede mantener la misma. Ésta, a su vez, está en función de la fuerza y de las capacidades de coordinación, de la velocidad de contracción de los músculos y de las condiciones antropométricas del deportista.

El fenómeno de inducir a una masa (m) una velocidad (v), independientemente de si se trata del cuerpo o partes de él o de un instrumento, se llama en la física cantidad de movimiento ($p = m \cdot v$, o bien $p = m \cdot a \cdot t$).

La cantidad de movimiento (p) es simplemente la fuerza multiplicada por el tiempo, ya que la fuerza (F) se define en la física como el producto entre masa (m) y aceleración (a) ($F = m \cdot a$). Ahora será más fácil entender la importancia que las condiciones antropométricas tienen en muchos deportes para alcanzar una elevada velocidad de la masa, es decir, buenos resultados. En el lanzamiento de peso, por ejemplo, a fuerza y técnica iguales, ganará el atleta con segmentos corporales más largos (palancas), dado que las palancas mayores dejan más tiempo

1. $F = m \cdot a$ (120 + 52,5 kg) (9,81 m/s² + 1,75 m/s²) = 199,4 kg.

a disposición para la aceleración del peso. Este mayor tiempo de aceleración produce una velocidad mayor, y ésta, a su vez, una mayor distancia alcanzada en el lanzamiento.

Para una buena arrancada en halterofilia se requiere una velocidad de las pesas de unos 1,5 m/s, mientras que para un lanzamiento de peso de unos 20 m, éste debe salir con 13 m/s. Siguiendo el ejemplo del halterófilo de 90 kg de peso, éste levantará unos 120 kg, resultando una cantidad de movimientos de 180 kg · m/s (120 kg · 1,5 m/s = 180 kg · m/s).

El lanzador de peso que otorga a su instrumento de 7,25 kg una velocidad de 13 m/s alcanza una cantidad de movimiento de 94,25 kg · m/s (7,25 kg · 13 m/s = 94,25 kg · m/s), que es muy inferior a la del anterior ejemplo, pero logra un rendimiento muy superior. Además consigue su marca de 20 m con una intervención de la capacidad muscular inferior a la del halterófilo. Esto se explica porque los músculos esqueléticos humanos están compuestos por fibras de diferentes velocidades. No obstante, para conseguir el objetivo de una velocidad elevada frente a resistencias bajas sólo intervienen las fibras rápidas. En trabajos de fuerza máxima existe la posibilidad de implicar la totalidad de las fibras musculares inervadas, lo que no ocurre en trabajos de fuerza explosiva. El mejor rendimiento del lanzador de peso también se observa en el resultado, ya que su lanzamiento de 20 m es considerable incluso a nivel internacional, mientras que los 120 kg arrancados con 90 kg de peso corporal sólo constituyen un resultado mediocre incluso a nivel nacional. Con respecto a los cálculos de las cantidades de movimiento se ha de hacer la observación de que sólo se han aplicado las velocidades finales con el fin de simplificar las operaciones. Pero para conseguir resultados exactos sería más conveniente utilizar valores promedios de las velocidades.

Independientemente de las cantidades de movimiento halladas, podemos deducir de estos ejemplos que una masa grande y una masa pequeña se pueden mover con velocidades bajas y elevadas respectivamente.

Esta capacidad de mover el propio cuerpo o partes de él o instrumentos con una velocidad elevada, en la práctica deportiva se denomina fuerza explosiva. Esta fuerza explosiva queda pues caracterizada por la velocidad alcanzada y no por la cantidad de movimiento. Los factores que inciden en el rendimiento de la fuerza explosiva son la fuerza máxima y con ella también la sección muscular y la capacidad de inervación, el tamaño y el área de sección de las fibras rápidas en relación a la sección total, o bien el número de fibras musculares rápidas, la velocidad de contracción de las fibras rápidas y las fuentes energéticas, es decir, que los músculos han de disponer de las reservas correspondientes de fosfato, creatina y glucógeno.

La fuerza-resistencia

La fuerza-resistencia es la capacidad de resistir contra el cansancio durante cargas de larga duración o repetitivas en un trabajo muscular estático o dinámico. La fuerza-resistencia, al igual que la fuerza explosiva, es una combinación de fenómenos; en este caso, la fuerza y la resistencia forman una capacidad específica.

En esta unión puede haber, según cada objetivo, una intervención mayor de la resistencia o de la fuerza, o ambas pueden intervenir en porcentajes iguales.

La posibilidad de mantener o repetir trabajos de fuerza y su duración dependen entonces del nivel de fuerza y del abastecimiento energético correspondiente de los músculos en acción. En cargas inferiores al 20 % de la fuerza máxima domina la resistencia como factor decisivo del rendimiento, y si son superiores al 20 % domina la fuerza (la fuerza máxima si se supera el 80 %). El predominio de la resistencia, cuando se trabaja por debajo del 20 %, se debe a la fuente energética, que será aeróbica con estas cargas bajas. Este metabolismo aeróbico es demasiado lento en caso de cargas superiores. En este supuesto se requiere además, progresivamente, el metabolismo anaeróbico para satisfacer los niveles energéticos.

Cuando las cargas superan el 50 % de la fuerza máxima, la fuente energética será casi exclusivamente anaeróbica, puesto que ya con el 40 % se produce un cierre de las vías arteriales a causa de la elevada tensión muscular, lo que significa la supresión de la aportación de oxígeno y sustratos.

¿Cuál es entonces la razón por la que una mejora de la fuerza-resistencia para cargas superiores ha de pasar por el incremento de la fuerza o mejor dicho de la fuerza máxima? Como acabamos de mencionar, la fuente energética que se requiere exclusiva o mayoritariamente en cargas superiores es por vía anaeróbica. Si entonces incrementamos las capacidades de fuerza a través de entrenamientos de la fuerza máxima, que aumentan la sección muscular y mejoran la coordinación intramuscular, ampliamos automáticamente las fuentes energéticas anaeróbicas. El hecho de que sólo se requiera un determinado número de fibras musculares en cada trabajo de fuerza-resistencia significa una carga menor para cada fibra muscular si el área de sección de las mismas es superior o bien si su capacidad anaeróbica es mayor.

En consecuencia se podrán realizar, en presencia de la misma carga, más repeticiones, o bien las mismas repeticiones pero con mayor carga (fuerza-resistencia dinámica), o un trabajo de fuerza-resistencia se podrá mantener durante mayor tiempo o durante el mismo tiempo pero con mayor carga (fuerza-resistencia estática).

Los factores decisivos para el rendimiento de la fuerza-resistencia son la fuerza máxima, las capacidades aeróbica y anaeróbica, y el cansancio local y central.

La relación entre fuerza máxima, fuerza explosiva y fuerza-resistencia

No sólo existe una interdependencia entre fuerza máxima y fuerza-resistencia, sino también entre fuerza máxima y explosiva. Esto se explica por las características de las formas básicas de la fuerza. Ya dijimos que la fuerza máxima consiste en contrarrestar (fuerza máxima estática) o bien superar (fuerza máxima dinámica) resistencias elevadas mediante la contracción de las fibras musculares inervadas. Estas fibras musculares inervadas son tanto las fibras lentas como las rápidas. La fuerza explosiva, sin embargo, es la capacidad de movimiento veloz frente a resistencias bajas, contrayendo las fibras musculares rápidas.

¿Qué relación existe entonces entre la fuerza máxima y la explosiva? Si conseguimos incrementar la fuerza máxima a través de un entrenamiento efectivo de la fuerza, aumentando el área de sección muscular y mejorando las funciones intramusculares, también incrementamos la fuerza explosiva (SCHMIDBLEICHER, 1980). Razón: con el aumento de la sección muscular también incrementamos proporcionalmente la sección de las fibras rápidas, es decir, que dispondremos de más filamentos contráctiles rápidos (actina, miosina). Además, con la mejora de las funciones intramusculares se puede inervar un mayor número de las fibras musculares existentes y con ello, en proporción, también las fibras rápidas.

No obstante, un incremento inmediato de la fuerza explosiva sólo se produce si la velocidad de contracción, que es otro factor decisivo para la fuerza explosiva, no se ha disminuido. Pero esto es inevitable en muchos casos, según los conocimientos de la teoría del entrenamiento. Sobre todo en los casos en los que se ha producido un elevado nivel de fuerza al desplazar cargas muy elevadas durante el entrenamiento específico deportivo, incrementándose más aún estas cargas para aumentar la fuerza a través del entrenamiento de la fuerza máxima. Ello significa pérdidas de la velocidad de contracción, puesto que los movimientos frente a resistencias elevadas sólo se pueden realizar muy lentamente, como ya mencionamos antes. Esto sucede en deportes en los que se mueven cargas elevadas: por ejemplo, en los saltos de atletismo, el propio cuerpo; en la lucha y el judo, además del propio cuerpo se desplaza también el del adversario.

Si los que practican estos deportes u otros de características similares realizan un entrenamiento de fuerza máxima, necesitarán a continuación entrenar la fuerza explosiva para restaurar su nivel anterior de velocidad de contracción.

Las conexiones entre fuerza máxima y fuerza-resistencia ya las expusimos anteriormente. Las conclusiones a las que allí llegamos, relativas a la mejora de la fuerza-resistencia a través del entrenamiento de la fuerza máxima, sólo se refieren a cargas de fuerza-resistencia superiores al 20 % de la capacidad máxima de fuerza, es decir, para el caso de que la fuente energética sea anaeróbica en parte o exclusivamente.

Para cargas inferiores al 20 % de la capacidad máxima de fuerza, no tiene efecto una mejora de la fuerza-resistencia basada en el entrenamiento de la fuerza máxima, debido a que la fuente energética es aeróbica. En este caso, para mejorar la capacidad aeróbica en competición se aconseja un entrenamiento discontinuo o complejo de los movimientos específicos de cada deporte con cargas adicionales y mayor número de repeticiones (trabajo dinámico) o mayor tiempo de carga (trabajo estático).

La fuerza en relación con el sexo y la edad

La fuerza en relación con el sexo

Si nos acogemos a los conocimientos científicos y a las experiencias prácticas, los rendimientos de fuerza son diferentes en el hombre y en la mujer. Estas diferencias se deben primordialmente a circunstancias biológicas, sobre todo a la menor parte muscular (en relación a la masa corporal) de la mujer y a la mayor concentración de la hormona sexual testosterona en el hombre, que tiene un efecto constructivo para las proteínas en el músculo (= hipertrofia). Con respecto a la mejora de la coordinación intra e intermuscular no existen diferencias entre el hombre y la mujer; también la entrenabilidad es relativamente igual. En la tabla 4 se pueden observar algunos aspectos comparativos esenciales.

Tabla 4. Proporción de la fuerza y entrenabilidad de hombre y mujer.

Proporción de la fuerza entrenabilidad	Hombre	Mujer
Porcentaje de la musculatura en el peso corporal	Aprox. 42 %	Aprox. 32-36 %
Relación resistencia-potencia		Menos favorable que en el hombre
Fuerza máxima	100 %	En relación absoluta con el hombre: 60-80 % relativa: igual
Incremento de la fuerza entre los 6 y 26 años	Unas 5 veces mayor	Unas 3 veces mayor
Entrenabilidad (cuantitativa)	100 %	Absoluta: 60-80 % relativa: igual
Entrenabilidad (cualitativa)	100 %	Relativa: igual

La fuerza en las edades infantil y juvenil

¿Tiene sentido entrenar la fuerza con niños?

La pregunta por el sentido del entrenamiento de la fuerza con niños encuentra su respuesta en la siguiente observación: los niños en edad escolar avanzada destacan casi sin excepciones por la debilidad en sus músculos de sostén, sobre todo a nivel de tronco, cadera y cintura escapular, mientras que la musculatura funcional de las extremidades (sobre todo de las piernas) parece estar en mejores condiciones de «entrenamiento». Este último aspecto se debe aparentemente a su esfuerzo diario. Esta clara discrepancia no se entiende del todo, puesto que la mejora debida al entrenamiento de la fuerza es supuestamente mínima en esta edad.

La explicación podría ser que —como demostramos anteriormente— la fibra del músculo esquelético tiene la posibilidad de adaptación longitudinal multiplicando los sarcómeros organizados en serie o alargando los tendones. Lo último es en definitiva sólo una medida compensatoria para adaptarse a su extensión pasiva y no para proporcionar al músculo la longitud deseada en trabajos dinámicos. Durante el crecimiento del individuo, el músculo ha de realizar una adaptación longitudinal, puesto que el crecimiento óseo también se acentúa en el aspecto longitudinal (sobre todo a nivel de las extremidades).

El trabajo dinámico paralelo de los músculos de esta zona tiene como consecuencia la adaptación longitudinal de las fibras musculares. La multiplicación de los sarcómeros en serie incrementa el potencial de fuerza del músculo sin observarse un aumento de la sección transversal muscular, tal como se conoce dentro de la hipertrofia muscular, que es la respuesta fisiológica esperada frente a estímulos parecidos en el caso del adulto.

La adaptación longitudinal de los músculos de las extremidades afecta sobre todo a los músculos fusiformes. Los músculos de sostén cercanos a las articulaciones, sin embargo, reciben en esta fase de crecimiento pocos estímulos de adaptación longitudinal; por ello presentan un aumento bajo de su potencial de fuerza.

Si los músculos de estas zonas realizan, en edad infantil, muy pocos esfuerzos (estímulos de entrenamiento), al perjuicio debido al crecimiento de los músculos de sostén se sumará el causado por el poco esfuerzo.

Pero la debilidad de estos músculos implica una reducción de la funcionalidad de toda la musculatura y, a largo plazo, una sobrecarga del aparato pasivo de movimiento (huesos, articulaciones) → parece imprescindible fomentar sistemáticamente el desarrollo muscular.

Para ofrecer estímulos de entrenamiento adecuados a los músculos de sostén no importa la intensidad de éstos sino el tipo de esfuerzo, es decir:

Movimientos dinámicos que combinan una componente elástica de estirar con el trabajo muscular activo y fomentan sistemáticamente la parte contráctil del músculo. Los ejercicios de estiramiento pasivo, sin embargo, posiblemente sólo obligan al tendón a adaptarse. Una carga adicional no es del todo necesaria para conseguir los objetivos descritos.

Todo esto significa que la realización de ejercicios adecuados es una medida importante para fomentar el desarrollo muscular ya en edad infantil. La musculatura se prepara de esta forma perfectamente para su tarea de descargar el aparato locomotor pasivo.

El inicio de la entrenabilidad

Según los conocimientos científicos y los aspectos prácticos, el inicio de la entrenabilidad de la fuerza se sitúa en los niños entre los 7 y los 9 años. Puesto que el desarrollo de la fuerza depende de diferentes factores, tal como explicamos previamente, para el incremento de la fuerza antes de los 10 años hemos de diferenciar diversos aspectos. Para el incremento de la fuerza reconocible en el entrenamiento se ha de estipular lo siguiente:

- 1) se debe basar sobre todo en la *coordinación intra e intermuscular*.¹
- 2) ha de consistir en la mejora de la *fuerza relativa* (cociente entre fuerza máxima y peso corporal). Esta mejora radica en sí en un mayor desgaste energético con la correspondiente degradación de grasas que, a su vez, desvía las partes proporcionales entre masa muscular y corporal (a favor de la masa muscular);
- 3) no se observa un aumento de la sección de las fibras musculares (= *hipertrofia*), debido evidentemente a un nivel aún bajo (o muy bajo) de testosterona intracelular.²

Los fundamentos del desarrollo de la fuerza son en su totalidad muy complejos, y hasta hoy sólo se han investigado parcialmente, de forma que los puntos aquí descritos únicamente se pueden considerar como posibles aspectos.

Con respecto a las diferentes *manifestaciones de la fuerza muscular* hemos de realizar las siguientes observaciones referentes a un inicio del entrenamiento en la **fase prepuberal** (entre 8 y 11 años):

- Inicialmente se deben aplicar ejercicios, métodos y medios para *mejorar la fuerza explosiva*,

1. No obstante, las mejoras no se basan en un entrenamiento sistemático de la fuerza, por ejemplo, mediante la «coordinación intramuscular», sino primordialmente en formas de movimiento como jugar, correr, saltar, trepar, luchar, etc.

2. No obstante, las observaciones personales del autor en gimnastas de diferentes nacionalidades, con edades entre 7 y 10 años, permiten suponer que la musculatura en parte muy «marcada» también se debe a una hipertrofia.

- complementariamente se puede realizar un *entrenamiento muscular constructivo* (como forma de entrenar la fuerza máxima) con intensidades de hasta el 40 %.

No obstante, se ha de tener en cuenta el efecto del entrenamiento de la fuerza sobre el *sistema esquelético* en la fase prepuberal, además de su efecto sobre la fibra muscular y la coordinación intramuscular. A pesar de que los huesos estén en esta edad lo suficientemente duros para permitir cargas ligeras y saltos con el propio peso corporal, no son aconsejables las intensidades elevadas, ya que las epífisis aún no están consolidadas (¡peligro para el crecimiento longitudinal!). Por esta razón todavía no se recomienda el método para mejorar la coordinación intramuscular (como uno de los métodos de entrenar la fuerza máxima).

- Además, un *entrenamiento muscular constructivo* sólo se debe realizar bajo la perspectiva de *ejercicios de coordinación motriz* y de *trabajo complementario de la flexibilidad*, es decir:
 - no se han de realizar ejercicios sólo para una articulación (por ejemplo, en las máquinas);
 - siempre han de intervenir varias articulaciones;
 - se han de realizar ejercicios gimnásticos complementarios.

Un ejercicio en el que *intervienen varias articulaciones* es, por ejemplo, la flexión de piernas con pesas levantadas hacia arriba (!). Esta afirmación extrañará a muchos expertos, puesto que el llamado «trabajo por encima de la cabeza» era hasta el momento un tabú absoluto para niños y adolescentes. Pero en la figura 31 demostramos cómo en la flexión de rodilla con los brazos levantados hacia arriba se reduce esencialmente el peligro de una posible curvación de la columna vertebral, más que en los ejercicios «tradicionales». La realización de este ejercicio implica que los centros de gravedad de la barra de pesas y del cuerpo coin-



FIGURA 31: Sentadillas con el llamado trabajo por encima de la cabeza como ejemplo de ejercicios donde intervienen varias articulaciones.

cidan en sus verticales; un desplazamiento de la barra de pesas de 1 o 1,5 cm hacia delante o atrás impide aguantarla y el ejercicio ya no es realizable.

No obstante, el hecho de coincidir los centros de gravedad de las pesas y del cuerpo en una misma vertical presupone o bien fomenta:

- una posición recta del tronco, lo que hace imposible una carga para la columna vertebral en forma de curvación, por falta de un momento de fuerzas en este ejercicio por encima de la cabeza. La columna vertebral recibe entonces sólo una carga vertical en forma de presión;
- la reducida posibilidad de variación de esta posición vertical de las pesas exige y fomenta extremadamente la capacidad de equilibrio;
- además se consigue la mejora correspondiente de la flexibilidad a nivel de pies, rodillas, caderas y hombros, puesto que estos ejercicios sólo se pueden realizar de pie y apoyado sobre toda la planta del pie.

En consecuencia, no se pueden mantener en pie las reservas manifestadas en la bibliografía referentes a los ejercicios por encima de la cabeza en edad juvenil. La realización del ejercicio que acabamos de describir ciertamente no entraña ningún peligro para la columna vertebral juvenil, contrariamente a los movimientos «tradicionales» (por ejemplo, con la barra de pesas apoyada sobre los hombros). Además, con la realización del ejercicio por encima de la cabeza se cumple la demanda de ejercitar también las capacidades de flexibilidad y coordinación, aparte de desarrollar la fuerza.

El momento de mayor entrenabilidad

A partir de los 12 años, aproximadamente, se aumenta fuertemente la liberación de andrógenos (testosterona y otros) en los varones (en las hembras, a partir de los 11 años pero en mucha menor medida). Con ello se mejoran cada vez más las condiciones para un desarrollo de la fuerza a base de efectos anabólicos proteicos (= hipertrofia muscular).

En esta llamada **fase puberal** del desarrollo juvenil existen:

- 1) mejores condiciones biológicas referentes al desarrollo muscular;
- 2) pero en cuanto al crecimiento longitudinal, las condiciones son relativamente desfavorables. En esta fase del segundo cambio complejional (marcado crecimiento longitudinal) se produce una nueva reestructuración ósea, de manera que un fuerte desarrollo muscular tiene más bien efectos negativos para el sistema esquelético.

En cuanto a las *manifestaciones de la fuerza muscular* y las formas de entrenarla, para la fase puberal se ha de remarcar lo siguiente:

- la *fuerza explosiva* se puede incrementar dosificándola cuidadosamente;
- el *entrenamiento muscular constructivo* se continúa a la misma intensidad, incrementándose también las cargas en sentido absoluto, orientándolo a la mayor fuerza máxima;
- la *coordinación intramuscular* como forma de entrenamiento no se debe aplicar de forma aislada en el sentido de aumentar la fuerza máxima;
- pero sí que se puede emplear un «*entrenamiento combinado*» en la forma del método de pirámide, puesto que –según los conocimientos prácticos del deporte– el entrenamiento en pirámide, siendo una combinación de entrenamiento muscular constructivo y entrenamiento intramuscular de la fuerza, tiene por un lado el efecto de desarrollar el peso corporal del joven en el momento de superar pocas cargas con muchas repeticiones, y por otro lado se produce una aplicación adecuada de los potenciales musculares existentes, cuando se superan cargas elevadas realizando pocas repeticiones. Además se evitan grandes sobrecargas para el aparato locomotor pasivo, debido al número reducido de repeticiones con cargas máximas, sobre todo porque el entrenamiento en pirámide termina con la tercera repetición. Suponiendo que el número de repeticiones factibles sea: una, trabajando al 95 % de la máxima, dos al 90 %, y tres al 85 %, resulta que el método de las tres repeticiones sólo permite alcanzar intensidades del 85 %;

Tabla 5. Entrenabilidad, formas de entrenamiento y manifestaciones de la fuerza en edades infantil y juvenil.

Entrenabilidad Formas de entrenamiento Tipos de fuerza	Edad	
	Masculino	Femenino
Comienzo de la entrenabilidad de la fuerza explosiva	A partir de 7/8 años.	A partir de 7/8 años.
Comienzo del entrenamiento para el desarrollo muscular	A partir de 9/11 años	A partir de 9/11 años
Mayor entrenamiento de la fuerza explosiva y del desarrollo muscular	A partir de 12-14 años	A partir de 11/13 años
Comienzo del «entrenamiento combinado»	A partir de 13/15 años	A partir de 12/14 años
Comienzo de la entrenabilidad de la coordinación intramuscular y de la fuerza-resistencia	A partir de 14/16 años	A partir de 13/15 años
Mayor entrenamiento de la coordinación intramuscular y de la fuerza-resistencia	A partir de 16/17 años	A partir de 14/16 años
Entrenamiento de rendimiento o de alto rendimiento	A partir de 17 años	A partir de 16 años

- se debería prescindir de entrenar la *fuerza-resistencia* durante la primera parte de la fase puberal por la falta de capacidad anaeróbica, pero se puede comenzar con ella durante la segunda parte con una dosificación muy cuidadosa;
- todos los trabajos de fuerza entre los 11/12 y los 15/17 años de edad se han de realizar con especial cuidado para el sistema esquelético sobre todo de la columna vertebral (se recomiendan reconocimientos ortopédicos), es decir, evitando movimientos con demasiada presión, tracción, torsión y contracción.

De la fase de pubertad se pasa a la de la llamada **adolescencia**, con 14/15 años en los chicos y 16/17 en las chicas. Este tiempo transitorio se caracteriza por el correspondiente ensanchamiento («fase de engordamiento»), adquiriendo la complexión del joven, durante los siguientes 1-2 años, su estado de compensación debido a la madurez.

Esto significa para el entrenamiento de la fuerza que se puede iniciar la fase de rendimiento y de alto rendimiento (véase también la tabla 5), teniendo siempre en cuenta que el sistema esquelético no está del todo maduro hasta los 18/19 años en las chicas y hasta los 19/22 años en los chicos.

Músculos, funciones y ejercicios de fuerza

Sistemáticas de la musculatura

Las siguientes sistemáticas de la musculatura pretenden satisfacer los distintos puntos de vista desde los que se pueden ver el cuerpo en movimiento. Este paso es imprescindible para garantizar un razonable entrenamiento de la fuerza.

La *práctica deportiva* tiene su enfoque en las diferentes regiones corporales puestas en juego durante un movimiento, distinguiéndose entonces las siguientes áreas: tronco, cintura escapular, extremidad superior, cintura pélvica y extremidad inferior.

Si queremos considerar los músculos de las diferentes regiones corporales, entramos en el ámbito de la *anatomía topográfica*, que describe la ubicación de cada uno de los músculos con mayor detalle.

Vista de esta forma, la unión de realidades anatómicas y tareas práctico-deportivas no crea ninguna dificultad.

Esta forma aislada de análisis evidentemente no debe perder de vista la cooperación funcional entre la musculatura y los diferentes ámbitos. Por esta razón, el *análisis anatómico-funcional del movimiento* ha de preceder a toda planificación concienzuda del entrenamiento. Sólo el conocimiento de los músculos funcionales y de sostén que intervienen en determinadas técnicas permite al entrenador la selección correcta de los ejercicios para entrenar la fuerza y de los correspondientes tipos de carga.

En base a este análisis se podrá entonces defender una concentración en determinadas zonas como *medida auxiliar para la realización del entrenamiento*.

El hecho de nombrar y explicar a continuación los músculos:

- de cadera y muslo,
- de la pierna,
- del tronco,
- de la cintura escapular y
- de los brazos,

sólo significa que se habla de centros de interés; las combinaciones específicas de cada deporte se satisfarán en consonancia con las necesidades concretas. El lector puede seleccionar para cada deporte determinado y para cada tipo de entrenamiento (desarrollo muscular, coordinación intramuscular, fuerza explosiva) los ejercicios de fuerza correspondientes, basándose en nuestra sistemática de los músculos y de ejercicios paralelamente relacionados.

En la tabla 6 se representan las cinco zonas musculares establecidas por nosotros con sus correspondientes músculos principales; los 30 deportes/disciplinas detallados en ella se muestran en relación con las zonas musculares más decisivas para un buen rendimiento.

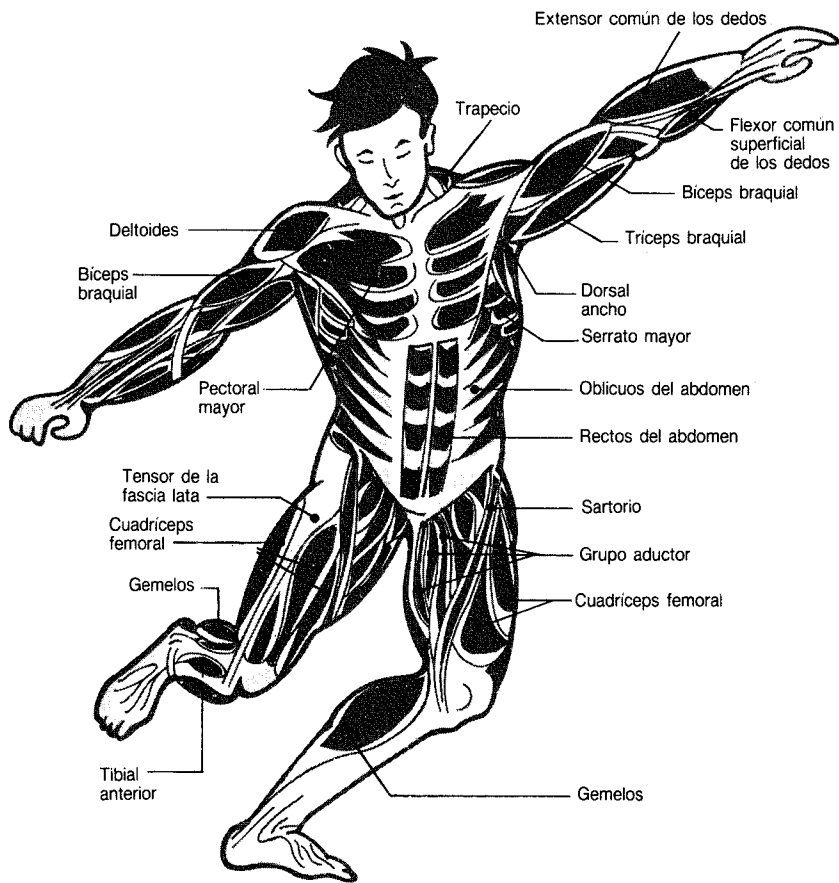


FIGURA 32: Músculos del tronco y de las extremidades (visión frontal).

Músculos funcionales y ejercicios de fuerza

Descripción funcional

A continuación se describen con mayor detalle los músculos y su función. Las figuras 32 y 33 representan esquemática y topográficamente los principales músculos del ser humano.

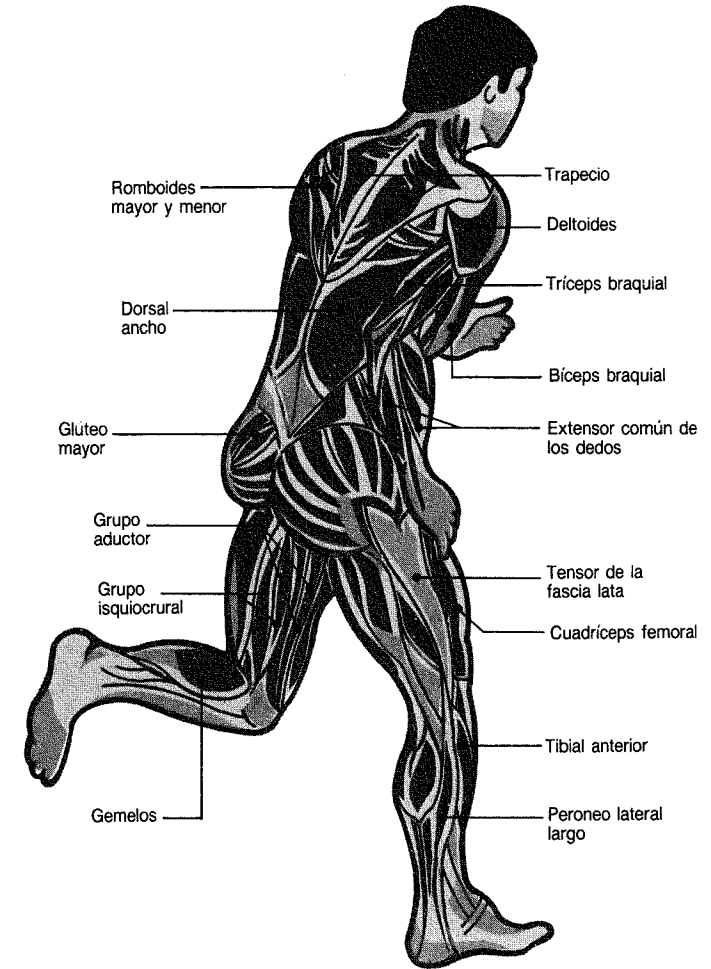


FIGURA 33: Músculos del tronco y de las extremidades (visión posterior).

La zona 1

La función principal del *músculo glúteo mayor* es el estiramiento (extensión) de la articulación de la cadera. En un movimiento aislado, como el que representa el ejercicio 1 para el desarrollo muscular, el esfuerzo de este músculo es tan escaso que no se explicaría la considerable fuerza que posee el glúteo mayor en las personas desentrenadas.

Podemos observar, sin embargo, un estiramiento (extensión) de la cadera en todos los movimientos de elevación: levantarse desde la posición de cuclillas o de sentado, subir escaleras, etc. Vemos así que las flexiones bajas de rodilla constituyen un ejercicio muy apropiado para el entrenamiento intramuscular de la fuerza del glúteo mayor, a pesar de implicar también a otros grupos musculares, puesto que se trata de un ejercicio complejo.

La relativa pesadez de las piernas tiene como efecto que el *músculo psoas-iliaco* curve más la columna vertebral en lugar de colocar las piernas en una posición avanzada. Para evitar esto, el psoas-iliaco requiere la ayuda del recto abdominal que está situado entre la caja torácica y la pelvis; cuando se contrae, eleva la parte frontal del anillo pélvico. De esta forma se aplatina la columna vertebral lumbar. Si los músculos abdominales son lo suficientemente fuertes para fijar esta postura, se establecen así las mejores condiciones para una función óptima del psoas-iliaco. Para el entrenamiento de la fuerza, esto significa que el desarrollo del psoas-iliaco está en función de las posibilidades de fijar la columna vertebral.

Por otro lado, la mejora sistemática de los músculos abdominales rectos de forma sinérgica (en colaboración) con el psoas-iliaco no debe conducir a una reducción en el trabajo del músculo recto. Por esta razón el ejercicio se ha de realizar ¡con las piernas dobladas! Entonces el psoas-iliaco ya no sirve de apoyo por estar acortado.

La parte recta del músculo cuádriceps femoral, el *músculo recto femoral*, estira (extiende) la rodilla como músculo funcional. Durante los esfuerzos fuertes y explosivos, la estructura ligamentosa de la articulación suple escasamente la trayectoria ósea poco adecuada. Los músculos pueden colaborar de una forma significativa en esta ocasión.

Con ello nos referimos a los *músculos vastos* que tienen el mismo origen tendinoso que el recto femoral, ya que constituyen las cabezas del músculo cuádriceps femoral. Su situación hace que sea escasa su intervención efectiva como músculos funcionales, sin embargo ayudan a fijar la rótula y aseguran su función cuando se ejercita el recto femoral, dado que se insertan desde ambos lados en el tendón rotuliano.

La protección de la función rotuliana es de especial importancia para la profilaxis de dolencias en la rodilla (sobre todo, condropatía patelar).

Para poder implicar los músculos vastos en el entrenamiento se han de seleccionar los ejercicios de manera que se requiera la función de sostén de estos músculos. Esto significa que la pierna se ha de equilibrar libremente; la implicación de los músculos vastos se reduce cuando las

pesas van guiadas o cuando se fija el muslo (apoyo sobre un banco, etc.). La mayor importancia de la capacidad de los 73 músculos vastos se detecta claramente en el perfil del muslo del atleta; sobre todo los ciclistas muestran un desarrollo marcado de los músculos vastos.

La función principal del *grupo de aductores* es en el fondo la estabilización del fémur. Si consideramos este grupo muscular como funcional, hemos de centrar el mayor interés en su efecto de «acercar la extremidad al cuerpo». Debido a su origen en el isquion o bien en el pubis, el grupo de los aductores es necesario en todos los movimientos de levantamiento de la pelvis. Los ejercicios para entrenar los aductores son por eso, sobre todo, las flexiones bajas de la rodilla, principalmente con cargas adicionales.

El *grupo muscular de los isquiocrurales* comprende los músculos bíceps femoral, semimembranoso y semitendinoso. Todos ellos estiran (extienden) la cadera ayudando al glúteo mayor. Sobre la articulación de la rodilla tienen un efecto flexor. La rotación en la rodilla, que es muy reducida, se efectúa en sentido externo mediante el bíceps, mientras que los otros dos músculos del grupo isquiocrural actúan como rotadores internos. Sobre todo, estos músculos requieren movimientos de extensión consecuentes si buscamos un efecto positivo de la fuerza para el rendimiento.

La zona 2

La masa muscular de todos los músculos de la pierna se sitúa en la misma, pero su efecto abarca una o las dos articulaciones que intervienen en el salto (articulaciones de tobillo y tarso), ya que sus tendones se insertan en el esqueleto del pie. El hecho de restringirnos a representar sólo tres de ellos se debe a que se trata de los más conocidos y superficiales y que además se encuentran fácilmente. El resto de músculos que actúan sobre las mismas articulaciones también se implican en los ejercicios. La potenciación de los músculos de la pierna no sólo es esencial para tener más fuerza para la flexión y extensión (= movimiento del tobillo) o la supinación y pronación (= elevación del borde interior y exterior, respectivamente, del pie como movimiento de la articulación del tarso), sino que es decisiva para estabilizar las dos articulaciones del pie (sobre todo la del tarso), fundamentalmente durante el esfuerzo para evitar torsiones que dañarían los ligamentos y cápsulas articulares.

La zona 3

La columna vertebral tiene sobre todo una función de sostén. Está constituida por una serie de piezas articuladas entre sí (vértebras), en lugar de un largo palo óseo que convertiría el cuerpo en rígido. Todos los movimientos a nivel de las extremidades, sobre todo los que se realizan con fuerza, dependen de la suficiente estabilidad del tronco. La fija-

Tabla 6. Zonas musculares con sus músculos principales en relación a modalidades deportivas.

Zonas musculares	Deportes, modalidades deportivas						
	Badminton/tenis de mesa	Baloncesto	Montañismo	Culturismo	Boxeo/karate, etc.	Hockey sobre hielo	Patinaje artístico
1. Músculos de la cadera y del muslo 1. Músculo glúteo mayor 2. Músculo psoas-iliaco - flexor de la cadera 3. Músculo cuádriceps femoral - musculatura de la parte frontal del muslo 4. Grupo de los aductores - músculos de la parte interna del muslo 5. Músculos isquiorurales - músculos de la parte posterior del muslo	○	○	○	○	○	○	○
2. Musculatura de la pierna/articulaciones implicadas en el salto 6. Músculos gemelos 7. Músculo peroneo lateral largo 8. Músculo tibiál anterior	○	○	○	○	○	○	○
3. Musculatura del tronco (columna vertebral) 9. Músculo erector espinal - extensor de la espalda 10. Músculo recto anterior del abdomen 11. Músculos oblicuos del abdomen	○	○	○	○	○	○	○
4. Musculatura de la cintura escapular 12. Músculo pectoral mayor 13. Músculo deltoides 14. Músculo trapecio 15. Músculo dorsal ancho 16. Músculo serrato anterior	○		○	○	○	○	
5. Musculatura del brazo 17. Músculo bíceps braquial 18. Músculo tríceps braquial 19. Músculos flexores del metacarpo y flexores de los dedos 20. Músculos extensores	○	○	○	○	○	○	

Esgrima	Fútbol	Halterofilia	Golf	Balonmano	Hockey	Yudo/lucha	Equitación	Remo/piragüismo	Tiro	Natación	Navegar a vela/windsurf	Esqui alpino	Esqui de fondo	Salto de esquí	Carrera de velocidad/saltos	Tenis	Gimnasia deportiva	Voleibol	Lanzamientos
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○		○	○	○	○					○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○		○	○	○	○	○		○	○	○	○					○	○	○	○
○																			

ción de las vértebras mediante los ligamentos no es capaz, por sí sola, de cumplir esta función; los músculos han de apoyar los ligamentos para ello. Nuestro interés se centrará por esto, sobre todo, en la función de sostén de la musculatura y no tanto en la realización de movimientos. El ortopeda habla en este contexto de un corsé muscular que posee el esqueleto del tronco.

Cuando, por parte del buen entrenador y profesor de educación física, se detecta relativamente pronto una debilidad de los músculos abdominales, sin embargo, vemos que incluso los deportistas más experimentados no presentan su musculatura dorsal demasiado poco desarrollada. Muchos piensan que entrenan los músculos dorsales con los distintos ejercicios que realizan «de forma automática». Esto es cierto si el ejercicio se realiza con una técnica correcta; pero a menudo, cuando se incrementa la carga, se encubre la insuficiencia de la fuerza de los músculos dorsales con pequeñas variaciones en el ejercicio. En estas ocasiones se suelen sobrecargar los discos y ligamentos de la columna, lo que no es perceptible por parte del atleta ya que estos elementos no disponen de receptores de sensibilidad. Las estructuras sensibles al dolor (nervios, músculos) se excitarán con cargas reducidas, una vez que se hayan producido modificaciones locales, debidas a daños a menudo irreversibles de los citados elementos, inhibiéndose la realización del movimiento. Por esta razón es tan importante potenciar los músculos del tronco trabajando sistemáticamente los músculos de la espalda y abdominales.

La zona 4

El lector esperará que se mencionen los típicos ejercicios de flexión y extensión de brazos en posición de decúbito prono o en suspensión cogido a una barra, al menos cuando se presentan ejercicios para la cintura escapular. Es indiscutible el valor de estos ejercicios dentro de un programa de acondicionamiento físico. No obstante, se han excluido de nuestra relación de ejercicios debido a las siguientes reflexiones: ambos ejercicios implican movimientos complejos; su aplicación tendrá lugar, por eso, dentro del incremento de la fuerza-resistencia; pero mientras sólo se realicen con el propio peso corporal como carga, servirán únicamente en combinación con otros ejercicios para los deportistas de niveles más elevados de rendimiento.

En los niveles inferiores tienen un efecto de mejora para la coordinación intramuscular. Pero no se eliminan «puntos flojos» que requieren un mayor desarrollo muscular. Este aspecto se comprende fácilmente si exigimos una variante en la realización del ejercicio, que se refiere, por ejemplo, a la anchura del agarre o bien del apoyo: un deportista con un bajo nivel de fuerza en general tendrá que enfrentarse a problemas insuperables, puesto que las condiciones de los movimientos anteriores sólo implicaron a los músculos en aquellos ámbitos en los que se disponía de

un nivel suficiente de fuerza. Pero las nuevas exigencias superan a su fuerza y le es imposible realizar el movimiento. En este contexto se vuelve a poner de relieve lo importante que es para una planificación razonable el planteamiento del objetivo a conseguir. Sólo este planteamiento concreto permite seleccionar adecuadamente los ejercicios.

El brazo puede desarrollar esta fuerza tan grande cuando el movimiento se realiza en forma de una aducción con rotación interna a nivel de la articulación del hombro.

Los músculos responsables de ello tienen concretamente la tarea primordial de fijar la cintura escapular al tronco, y disponen por ello de una mayor fuerza que sus antagonistas. Para aprovechar su capacidad existente *per se*, es importante enfocar el entrenamiento hacia este objetivo, mejorando su elongación y potenciando los músculos de sostén de la cintura escapular, lo cual posibilita la mejor utilización de estos músculos en movimientos dinámico-explosivos.

La elongación de los músculos funcionales determina la longitud del espacio de aceleración, lo que la convierte en factor decisivo para el rendimiento en muchas disciplinas, aparte de la fuerza.

Cuanto mayor sea la elongación de estos grupos musculares, menor será también la carga para los antagonistas que han de iniciar activamente el movimiento de toma de impulso.

El mejoramiento de la elongación muscular se debe realizar principalmente en forma activa para estimular a la vez a los antagonistas. Entonces se puede prescindir de un entrenamiento específico de la fuerza de éstos.

La deficiencia en el juego óseo escapular requiere una fijación fiable a través de los músculos de sostén de la cintura escapular, con el fin de ofrecer una buena base de acción a los músculos funcionales. El elevado nivel de rendimiento de los **músculos de sostén**, debido a su implicación constante también fuera del entrenamiento, significa dedicar una buena parte del entrenamiento a ellos.

Por esto hemos de cuidar que cualquier tarea para mejorar la fuerza de los músculos funcionales implique también a la musculatura de sostén.

Los ejercicios se han de realizar en posturas lo más libres posible para poder establecer estos estímulos indirectos.

Tendremos que repetir esta reflexión para la potenciación sistemática (a menudo aislada) de los músculos del brazo.

La zona 5

Citamos aquí el *músculo bíceps braquial* como representativo para los flexores del codo. Recibe el apoyo de otros flexores que no detalla-

mos pero que también intervienen en la realización del movimiento. ¡Para potenciar los músculos del brazo deben entrenarse asimismo los músculos del hombro! Del área del antebrazo sólo mencionamos los *extensores* y los *flexores* de la muñeca. Naturalmente podemos entrenar a la vez los extensores y los flexores de los dedos con una postura y movimientos adecuados de mano y dedos. No obstante, hemos de advertir, sobre todo para el inicio de tal entrenamiento, del riesgo de la sobreestimulación de los tendones de estos músculos a nivel de antebrazo/muñeca (inflamación de la vaina sinovial).

Los extensores y flexores de la parte del cúbito actúan conjuntamente (sinergistas) en la inclinación de la mano en dirección hacia el meñique, y lo mismo ocurre con los extensores y flexores del lado radial cuando la mano se inclina hacia el pulgar.

Tablas sistemáticas

Las tablas 7-11 representan de forma sinóptica las áreas musculares y sus músculos funcionales principales. Las diferentes columnas contienen concretamente las relaciones que se expresan en la página 97.

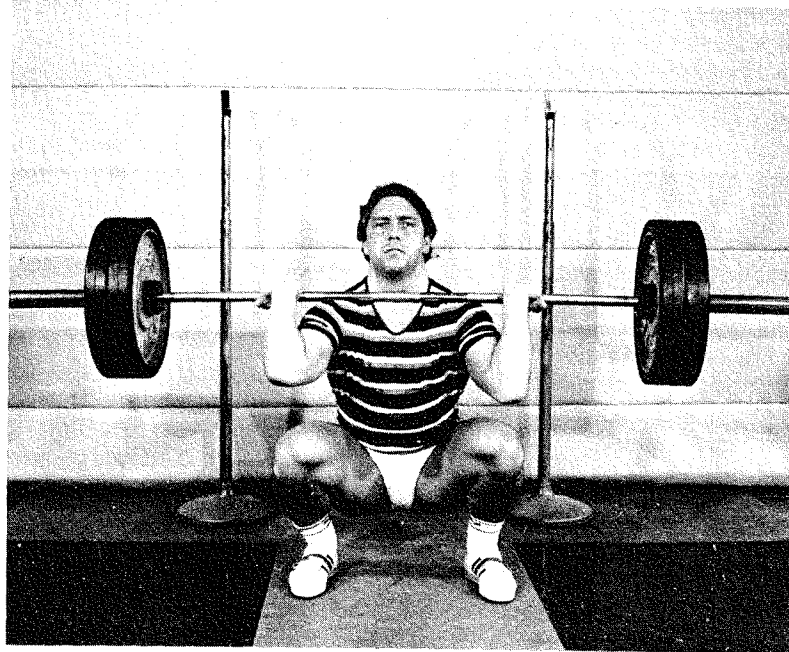

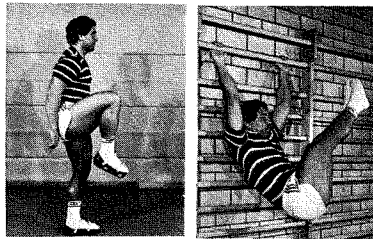

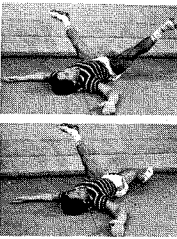
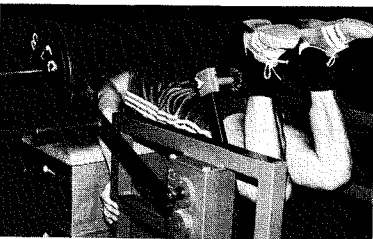


Tabla 7. Zona muscular 1: Músculos de la cadera y del muslo.

Musculatura funcional	Función principal	Función complementaria	Sinergistas	Ejercicios de fuerza para:		
				D.M.	C.I.	F.E.
1. Músculo glúteo mayor	Extensión de la articulación de la cadera	Rotación externa	Músculo erector espinal Músculo recto del abdomen Músculos isquioturales	1a 1b 1c	1d	1e
2. Músculo psoas-ilíaco	Flexión de la cadera	Rotación externa	Músculo recto del abdomen Músculo recto femoral Músculo tensor de la fascia lata	2a 2b	2c 2d	2e 2f
3. Músculo cuádriceps femoral	Extensión de la articulación de la rodilla	Flexión de la cadera	Músculos vastos	3a	3b 3c	3d
4. Grupo de los aductores	Aducción	Fijación del fémur		4a 4b		4c
5. Músculos isquioturales	Flexión de la articulación de la rodilla	Extensión de la cadera	Para la extensión de la cadera: músculo glúteo mayor	5a	5b	5c

Ejercicios de fuerza para:			1a Elevación de las piernas por detrás 1b Elevación de las piernas por detrás 1c Sentadillas con mancuernas 1d Sentadillas profundas 1e Saltos desde cucullas	
D.M.	C.I.	F.E.		
1a 1b 1c	1d	1e		
2a 2b	2c 2d	2e 2f		
3a	3b 3c	3d	2a Levantamiento de los muslos 2b Elevación piernas 2c Elevación piernas 2d Elevación-acercamiento de los muslos 2e Elevación rápida de las piernas 2f Skipping alto	
4a 4b		4c		
5a	5b	5c		
3a Estiramiento de piernas 3b Saltos desde piernas semidobladas y llegar con los talones 3c Saltos desde media altura 3d Salto-estiramiento total desde cucullas				
4a Abrir y cerrar piernas 4b Separación de una pierna 4c Tijeras desde sentado				
5a Flexión de piernas 5b Levantamiento del tronco con la cadera estirada 5c Subida rápida de los talones				

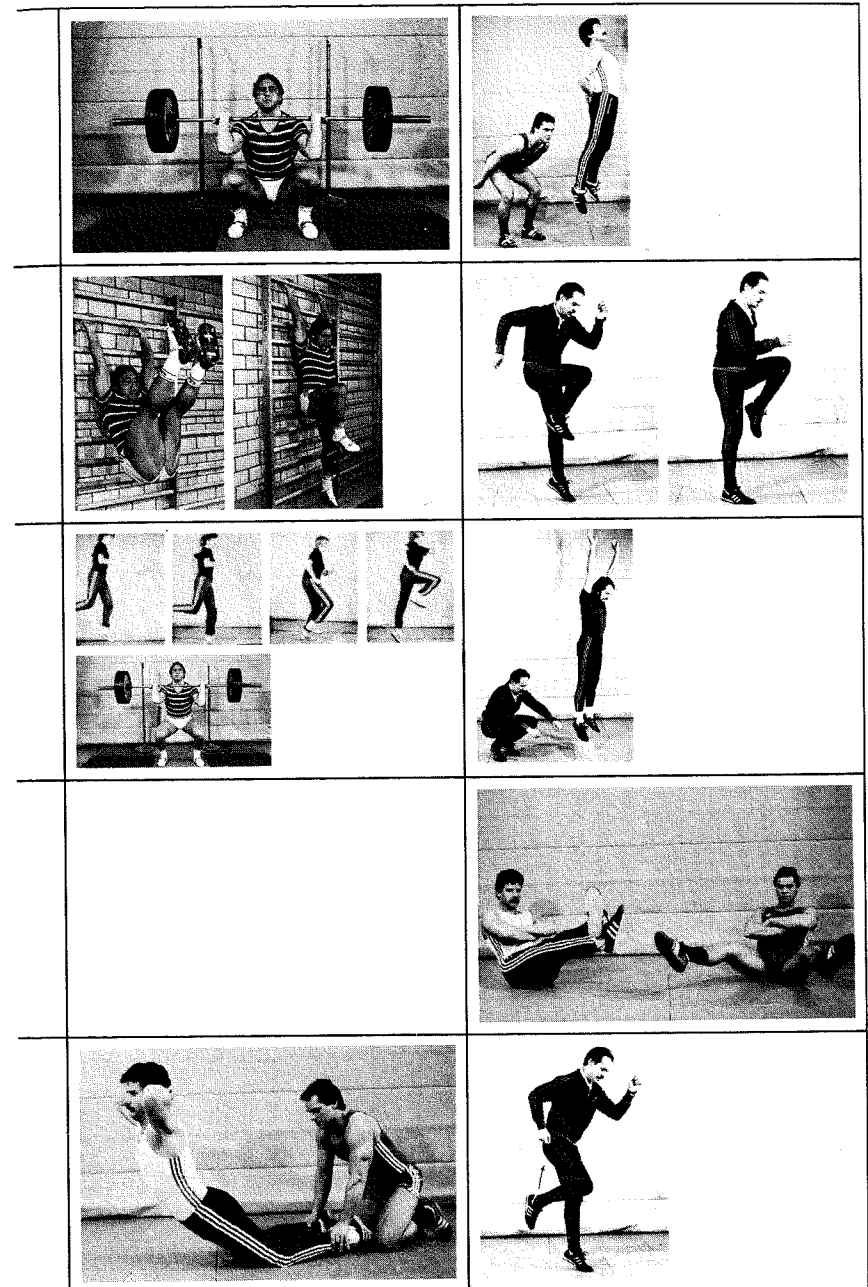


Tabla 8. Zona muscular 2: Musculatura de la pierna/articulaciones implicadas en el salto.

Musculatura funcional	Función principal	Función complementaria	Sinergistas	Ejercicios de fuerza para:		
				D.M.	C.I.	F.E.
6. Músculos gemelos	Extensión del pie	Supinación	Músculo sóleo	6a/7a	6b/7b 6c/7c	6d/7d 6e/7e 6f/7f
7. Músculo peroneo lateral largo	Extensión del pie	Pronación		6a	6b/7b 6c/7c	6d/7d 6e/7e 6f/7f
8. Músculo tibial anterior	Flexión del pie, levantamiento de la punta del pie	Supinación		8a	8b, 8c	

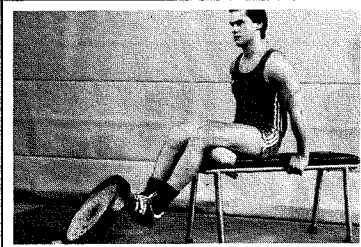
Tabla 9. Zona muscular 3: Musculatura del tronco (columna vertebral).


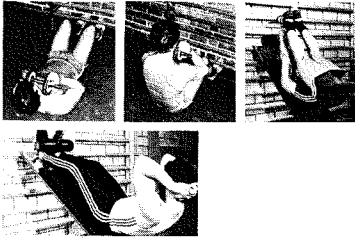
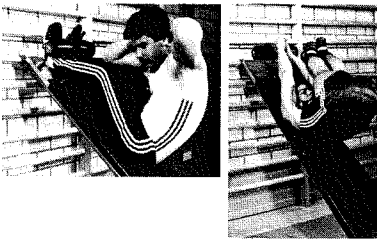
Musculatura funcional	Función principal	Función complementaria	Sinergistas	Ejercicios de fuerza para:		
				D.M.	C.I.	F.E.
9. Músculo erector espinal	Extensión de la columna vertebral		Músculo glúteo mayor (músculo recto del abdomen) músculo trapecio	9a 9b	9c	9d 9e
10. Músculo recto anterior del abdomen	Flexión frontal del tronco	Levantar la pelvis, fijar el esqueleto del tronco	Para su función principal: Músculo psoas-iliaco para su función complementaria: músculo glúteo mayor músculo erector espinal	10a 10b 10c	10d 10f	10g 10h
11. Músculos oblicuos del abdomen	Girar el tronco	Flexión lateral del tronco	Músculo cuadrado lumbar Músculo erector espinal	11a 11b	11c 11d	

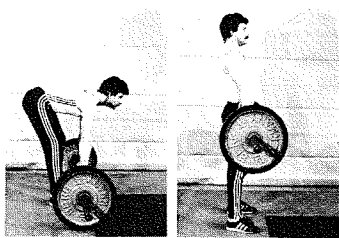
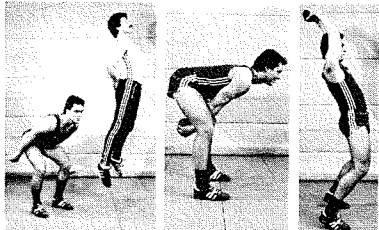



Tabla 10. Zona muscular 4: Musculatura de la cintura escapular.



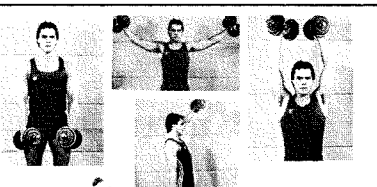
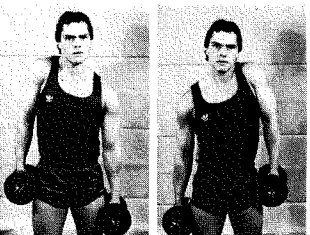
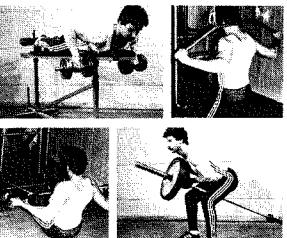

Musculatura funcional	Función principal	Función complementaria	Sinergistas	Ejercicios de fuerza para:		
				D.M.	C.I.	F.E.
12. Músculo pectoral mayor	Aducción, rotación interna del brazo	Anteversión	Músculo deltoides Músculo trapecio	12a 12b	12c 12d	12e 12f
13. Músculo deltoides	Participa en todos los movimientos de la cintura escapular	Fijación de la articulación del húmero		13a 13b 13c	13d 13e	13f
14. Músculo trapecio	Fijación de la cintura escapular	Participa en todos los movimientos de la cintura escapular	Músculo romboides Músculo serrato anterior	14a	14b	
15. Músculo dorsal ancho	Aducción, rotación interna	Retroversión	Músculo deltoides Músculo trapecio	15a 15b 15c 15d	15e 15f	
16. Músculo serrato anterior	Giro del omóplato (necesario para elevar el brazo por encima de la horizontal)	Fijación de la cintura escapular sobre el tronco		13c 13e 16a	16b	

Ejercicios de fuerza para:		
D.M.	C.I.	F.E.
6a/7a	6b/7b 6c/7c	6d/7d 6e/7e 6f/7f
6a	6b/7b 6c/7c	6d/7d 6e/7e 6f/7f
8a	8b/8c	
<p>6a/7a Estiramiento del pie 6b/7b Arrancada de las halteras en apoyo sobre los talones 6c/7c Saltos profundos sin tocar con los talones en el suelo 6d/7d Salto-estiramiento total desde cuclillas 6e/7e Pasos saltados 6f/7f Saltos verticales altos</p>		
<p>8a Flexión de pies 8b Flexión de pies (peso grande) 8c Inclinación hacia atrás desde cuclillas</p>		



Ejercicios de fuerza para:			9a Levantamiento del tronco 9b Levantamiento del tronco 9c Levantamiento del tronco 9d Estiramiento total desde cuclillas 9e Lanzamiento desde atrás por encima de la cabeza	
D.M.	C.I.	F.E.		
9a 9b	9c	9d 9e		
10a 10b 10c	10d 10f	10g 10h		
11a	11c 11d			
10a Situps (flexión abdominal) 10b Situps (flexión abdominal) 10c Levantamiento de las piernas 10d Situps (flexión abdominal) (con carga adicional) 10e Levantamiento de piernas 10f Situps (flexión abdominal) rápidas 10h Flexiones abdominales carpadas				
11a Situps (flexión abdominal) con giro en el tronco 11b Levantamiento lateral de las piernas 11c Situps (flexión abdominal) con giro en el tronco (carga adicional) 11d Levantamiento lateral de las piernas (carga adicional)				

Ejercicios de fuerza para:			12a «Mariposa» 12b Levantar y bajar los brazos	
D.M.	C.I.	F.E.		
12a 12b	12c 12d	12e 12f	12c Press en banca (agarre amplio) 12d Press en banca inclinada 12e Lanzamiento de peso desde parado	
13a 13b 13c	13d 13e	13f	12f Lanzamiento de peso desde brazo estirado	
14a	14b		13a Levantamiento lateral de los brazos	
15a 15b 15c 15d	15e 15f		13b Levantar y bajar brazos 13c Llevar el brazo hacia atrás	
13c 13e 16a	16b		13d Movimiento de remo con agarre estrecho 13e Press por detrás 13f Lanzamiento desde atrás por encima de la cabeza	
14a Levantamiento del hombro alternando 14b Levantamiento del hombro				
15a Tracción en banca 15b Tracción por detrás de la nuca 15c Tracción de brazos 15d Levantamiento en posición angulada hacia delante 15e Tracción en banca 15f Levantamiento en posición angulada hacia delante (con peso grande)				
16a Flexión y extensión del brazo 16b Extensión del antebrazo				

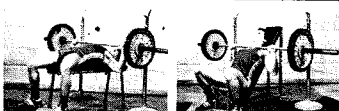
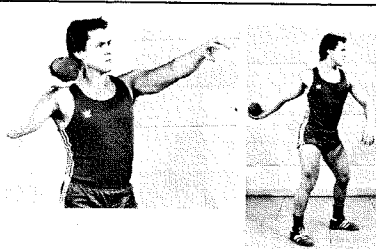

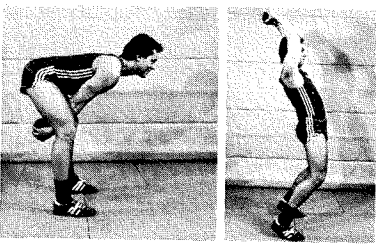
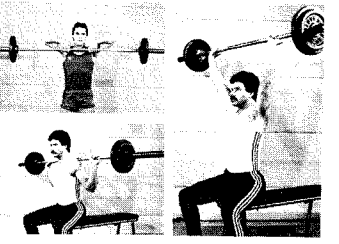
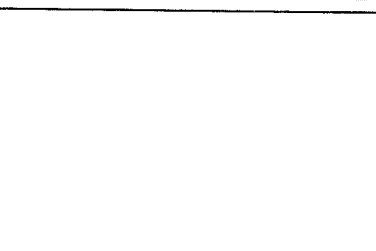
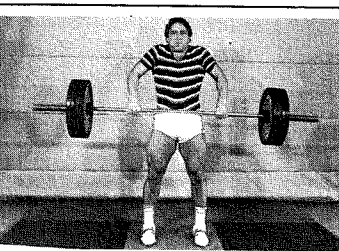
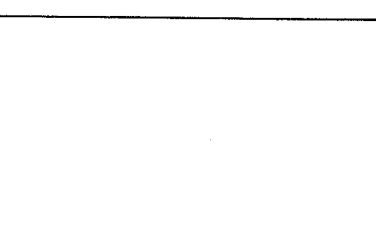
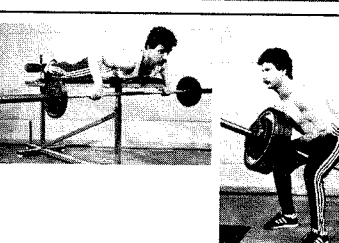
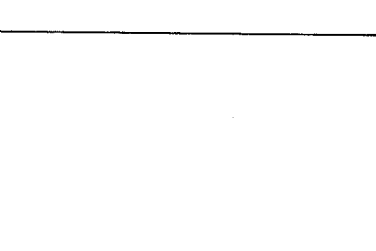
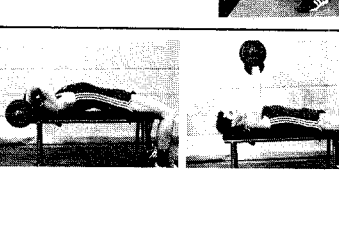

	
	
	
	
	
	

Tabla 11. Zona muscular 5: Musculatura del brazo.

Musculatura funcional	Función principal	Función complementaria	Sinergistas	Ejercicios de fuerza para:		
				D.M.	C.I.	F.E.
17. Músculo biceps braquial	Flexión de la articulación del codo	Supinación	Para la flexión del codo: Músculo braquial anterior Músculo braquiorradial (o supinador largo) Para la supinación: Músculo supinador	17a 17b	17c 17d	
18. Músculo tríceps braquial	Extensión de la articulación del codo	-	-	18a 18b 18c	18d 18e	18f
19. Músculos flexores del antebrazo	Flexión de las articulaciones de la muñeca y de los dedos	Ayuda en los movimientos de aducción o abducción de la muñeca, fijación de la muñeca	Para la función complementaria: músculos extensores del antebrazo	19a 19b	19c	
20. Músculos extensores del antebrazo	Extensión de la articulación de la muñeca y de los dedos	Ayuda en los movimientos de aducción o abducción de la muñeca, fijación de la muñeca	Músculos extensores del antebrazo	20a	19c	Agarre dorsal (dedos miran hacia delante)

Columna 1: Denominación de los músculos funcionales en nomenclatura latina. La situación de estos músculos se observa con mayor facilidad en la descripción de la tabla 6.

Columna 2: Indicaciones acerca de la función principal de cada grupo muscular.

Columna 3: Lista de posibles funciones secundarias de los músculos funcionales.

Columna 4: Relación de aquellos músculos que colaboran en la función principal (los llamados sinergistas). Éstos se entrenan más o menos conjuntamente con los músculos funcionales en el marco de la implicación funcional de los mismos.

Columna 5: Números de las figuras que representan ejercicios adecuados para entrenar la fuerza de los músculos citados en la columna 1.

E.M. = entrenamiento para el desarrollo muscular; C.I. = coordinación intramuscular; F.E. = fuerza explosiva.

Selección de ejercicios de fuerza y consejos prácticos

La selección de los ejercicios

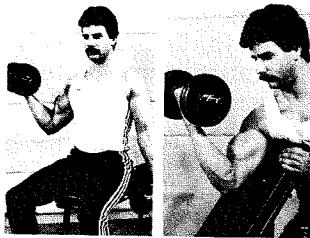
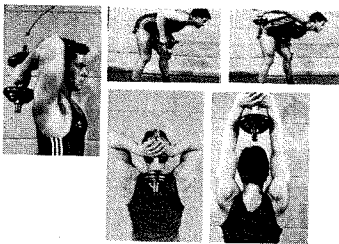
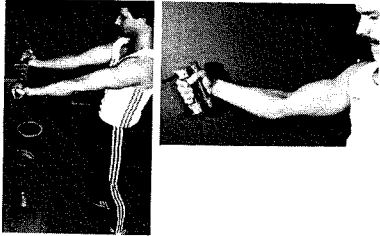
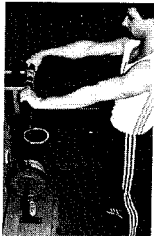
Los ejercicios para cada músculo representados en las fotografías implican una selección, haciéndose imperativa una restricción de los ejercicios más esenciales para todos los deportes y ámbitos de aplicación.

Según las necesidades de cada deporte se pueden realizar los diferentes ejercicios con cargas adicionales. Esto se refiere sobre todo a deportes con grandes exigencias de fuerza o fuerza-resistencia (lucha, yudo, lanzamientos, etc.); por ejemplo, el ejercicio 1e: extensión de piernas desde una posición angular de las rodillas, añadiendo una barra de pesas sobre la nuca; ejercicio 10d: situps con balón medicinal.

Observaciones para la práctica

Los ejemplos de ejercicios reflejados se han seleccionado siguiendo estas pautas:

1. Ejercicios de fuerza máxima para desarrollar los músculos (E.M.); se trata sobre todo de cargas que afectan a una articulación al 40-60 % del rendimiento máximo.
2. Ejercicios de fuerza máxima para la coordinación intramuscular (C.I.); se trata de ejercicios que afectan a varias articulaciones, con cargas del 70-100 % del rendimiento máximo de cada una.
3. Ejercicios de fuerza explosiva (F.E.).

Ejercicios de fuerza para:			17a Ejercicio para el bíceps 17b Ejercicio para el bíceps 17c Ejercicio para el bíceps 17d Ejercicio para el bíceps	
D.M.	C.I.	F.E.		
17a 17b	17c 17d			
18a 18b 18c	18d 18e	18f	18a Ejercicio para el tríceps 18b Ejercicio para el tríceps 18c Ejercicio para el tríceps 18d Ejercicio para el tríceps 18e Press de potencia 18f Lanzamiento de peso desde parado	
19a 19b	19c Agarre dorsal			
20a	19c Palmar			
19a Enrollar con las manos (agarre palmar-dedos miran hacia nosotros) 19b Ejercicio del cierre de la mano 19c Flexión-extensión de la mano (agarre dorsal/palmar)				
20a Enrollar con las manos (agarre dorsal)				

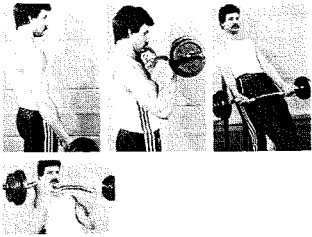
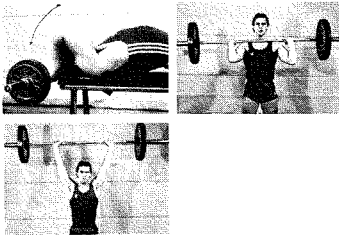

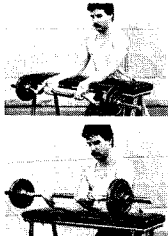
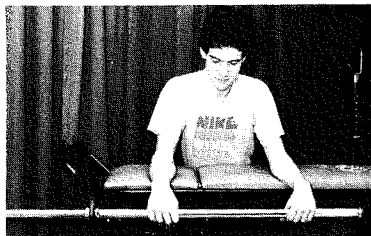
	
	
	
	

Tabla 12. Categorías y manifestaciones de la fuerza en relación a áreas de aplicación y deportes.

Categorías y manifestaciones	Áreas de aplicación				Deportes, modalidades																			
	Acondicionamiento físico	Rehabilitación	Deporte escolar	Deporte de rendimiento y de alto rendimiento	Fútbol	Halterofilia	Golf	Balonmano	Hockey	Yudo/lucha	Equitación	Remo/piragüismo	Tiro	Natación	Navegar a vela/windsurf	Esquí alpino	Esquí de fondo	Salto de esquí	Carrera de velocidad/saltos	Tenis	Gimnasia deportiva	Voleibol	Lanzamientos	
Fuerza general (mediante el desarrollo muscular)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Fuerza específica																								
Fuerza máxima (mediante la coordinación intramuscular y la «combinación»)				○																				
Fuerza explosiva				○																				
Fuerza-resistencia				○																				

Hemos prescindido intencionadamente de ejercicios para la fuerza-resistencia, puesto que casi todos los ejercicios de los tipos 1 y 2 sirven para esta forma de entrenamiento, y sólo se ha de aumentar el número de repeticiones y disminuir la carga; igual que los ejercicios del tipo 3, con mayor número de repeticiones y cargas superiores.

En el capítulo 6 describiremos ejemplos de *programas completos de entrenamiento*.

En el capítulo 3 se verá la aplicación *metodológica* de estos ejercicios.

Tipos y métodos del entrenamiento de la fuerza

Introducción

En los capítulos anteriores hemos ofrecido información acerca de:

- los conocimientos básicos que constituyen un requisito necesario para un entrenamiento práctico de la fuerza;
- las diferentes manifestaciones de la fuerza;
- el sexo y la edad, y su relación con la fuerza y el entrenamiento de la misma; y
- los músculos más importantes y los correspondientes ejercicios de fuerza aplicables en casi todos los deportes.

Sobre esta base teórica, expondremos en los capítulos 3 a 6 las posibilidades prácticas de su aplicación.

El presente capítulo hace hincapié, en primer lugar, en los siguientes aspectos y conceptos de la práctica del entrenamiento:

1. ¿Cuáles son los tipos de fuerza (fuerza máxima, fuerza explosiva y fuerza-resistencia) que se requieren en los diferentes deportes y qué categorías de la fuerza (fuerza general o específica) son importantes para los diferentes campos de aplicación?
2. ¿Qué tipos y métodos de entrenamiento se aplican para mejorar la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la fuerza-resistencia?

Los tipos de fuerza correspondientes a cada deporte

El tratamiento de esta cuestión depende de los siguientes puntos:

- en primer lugar se ha de establecer el **objetivo** del entrenamiento de la fuerza, es decir, la categoría de fuerza (general o específica) que se requiere (por ejemplo, en el campo de la rehabilitación, acondiciona-

miento físico, deporte escolar, deporte de rendimiento y de élite); una vez determinado esto, se han de seleccionar:

- las diferentes **manifestaciones** de la fuerza (sobre todo de la fuerza específica), necesarias o bien deseadas (fuerza máxima, fuerza explosiva o fuerza-resistencia), de acuerdo con las exigencias del deporte concreto (véase también la tabla 12) y con los puntos débiles del deportista; paralelamente se decide:
- si el incremento de la fuerza se ha de basar en un **aumento de la masa muscular** (= hipertrofia), en **mejoras de las funciones neuromusculares** o en ambos aspectos; además se tendrá en cuenta:
- en el entrenamiento específico de la fuerza, si la dirección del movimiento en el ejercicio coincide con el **movimiento específico de cada disciplina** (= **técnica deportiva**);
- en algunos casos cabe la reflexión de si el incremento deseado de la fuerza sólo se necesita en una **parte determinada del músculo**: por ejemplo, en el momento de levantar la barra de pesas por encima de los hombros, en la halterofilia, sólo se requiere el sector superior del tríceps (= 120°-180°), lo que queda plasmado en el perfil muscular correspondiente.

El entrenamiento general de la fuerza

La finalidad del entrenamiento general de la fuerza es una potenciación genérica y global de la musculatura de piernas, tronco, cintura escapular y brazos o partes de la misma, independientemente de si los músculos son relevantes para el rendimiento en el deporte concreto y de si los ejercicios coinciden o no con la estructura de los movimientos del deporte en cuestión.

El entrenamiento general de la fuerza se aplica por esto para:

- el **acondicionamiento físico**, dado que se trata aquí sólo de un fortalecimiento general, aparte del desarrollo general de resistencia y flexibilidad;
- el **ámbito escolar y rehabilitativo** donde la formación general también tiene un papel primordial (aparte de algunas tareas específicas);
- el **deporte de rendimiento** como entrenamiento en los niveles básicos y de profundización, que forman la base para el entrenamiento específico de la fuerza de las fases posteriores de entrenamiento de rendimiento y de alto rendimiento; igualmente sirve para recuperar el nivel anterior a lesiones, enfermedades y vacaciones que hayan imposibilitado el entrenamiento;
- el **deporte de alto rendimiento** como medida efectiva del entrenamiento en las ocasiones, por ejemplo, en que no se haya trabajado aún la fuerza. Esto afecta sobre todo a los deportes colectivos, donde los deportistas disponen de una fuerza específica y a pesar de ello se alcanza un incremento del rendimiento mejorando la fuerza general.

Los futbolistas o los jugadores de balonmano de peso ligero, por ejemplo, pueden emplear con mayor efectividad los movimientos más ofensivos y técnicos cuando incrementan previamente su nivel de fuerza, ampliando así su repertorio táctico (véanse al respecto también las observaciones sobre la musculatura de la cintura escapular).

El principal modo de entrenar la fuerza en general es el **entrenamiento de desarrollo muscular** como una forma de incrementar la fuerza máxima.

El entrenamiento específico de la fuerza

Los objetivos del entrenamiento específico de la fuerza son:

- Fortalecer en primer lugar aquellos músculos y grupos musculares que sean decisivos en el rendimiento en cada deporte, por razones de mayor eficacia (por ejemplo, hacer coincidir la estructura de los movimientos de los ejercicios de fuerza con la del deporte concreto).
- Los músculos primordialmente requeridos en una disciplina competitiva siempre son sólo partes de toda la musculatura y pueden entrenarse con mayor intensidad, lo que permite un mayor y más rápido aumento de fuerza en comparación con el entrenamiento general de la fuerza.
- La coincidencia de los ejercicios de fuerza con la estructura de los movimientos de la disciplina competitiva evita, además, potenciar músculos o zonas musculares que intervienen poco o nada en los movimientos técnicos, pero que significan una carga para el organismo, ya que también se han de abastecer.
- El entrenamiento específico de la fuerza es apropiado para el entrenamiento de rendimiento y de alto rendimiento, puesto que en ambos se requiere una efectividad elevada.
- El entrenamiento específico de la fuerza se aplica para la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la fuerza-resistencia (véase también la tabla 12), y
- se combina a menudo, a la vez o de forma complementaria, con otras capacidades decisivas para el rendimiento (por ejemplo, la técnica o la velocidad).

Las principales formas de entrenar la fuerza específica son el **entrenamiento de la coordinación intramuscular**, la «combinación» para incrementar la fuerza máxima, y los métodos del **entrenamiento de la fuerza explosiva** y de la fuerza-resistencia.

El entrenamiento adecuado para cada deporte

Esta cuestión en el fondo ya se trató en las explicaciones que acabamos de exponer (véase tabla 12) y en las anteriores más teóricas y completas. Dado que se trata aquí de la preocupación más importante para los que practican el deporte volvemos a centrarnos en el tema con algunas observaciones:

1. Un **entrenamiento de la fuerza máxima en forma de desarrollo muscular** es necesario *en todos los deportes* y campos de aplicación como base de la fuerza. Al entrenamiento del desarrollo muscular también lo denominamos forma básica del entrenamiento de la fuerza.
2. Un **entrenamiento de la fuerza en forma de coordinación intramuscular y «combinación»** tiene importancia para los siguientes deportes –debido a que no sólo se incrementa con ello la fuerza máxima sino también la fuerza explosiva–:¹
 - todos los deportes atléticos y de fuerza;
 - disciplinas de velocidad y de salto;
 - disciplinas de lanzamiento;
 - todos los deportes colectivos;
 - todos los deportes de lucha que presentan movimientos explosivos y de reacción rápida;
 - esquí alpino;
 - golf;
 - gimnasia deportiva;
 - esgrima.

El entrenamiento se ha de realizar, sin embargo, de forma que «los movimientos explosivos de fuerza máxima se realicen *en la misma dirección y con la misma amplitud* que la destreza a optimizar» (la técnica específica; véase SCHMIDTBLEICHER, 1980, 101).

3. Un **entrenamiento de la fuerza explosiva** se ha de enfocar en estrecha relación con el entrenamiento mencionado en el punto 2.º y se realiza específicamente para cada disciplina como complemento imprescindible del entrenamiento de la fuerza máxima –no obstante, tendrá una forma autónoma, cuidando a su vez la mejora óptima de la técnica individual (coordinación intermuscular)–, por lo tanto abarca todos los deportes mencionados en el punto 2.º.
4. Para todos los deportes mencionados en el punto 2.º se recomienda el siguiente **orden metodológico** para mejorar la fuerza:
 - primera fase del entrenamiento: desarrollo muscular;
 - segunda fase del entrenamiento: coordinación intramuscular ampliada con el llamado «entrenamiento combinado»;
 - tercera fase del entrenamiento: fuerza explosiva específica de cada disciplina ampliada con la coordinación intramuscular.

1. Véase ante todo los importantes estudios de BÜHRLE/SCHMIDTBLEICHER, 1977; SCHMIDTBLEICHER, 1980 y 1982.

5. Un **entrenamiento de la fuerza-resistencia** afecta a deportes con esfuerzos constantes o repetitivos (locales) de larga duración, por ejemplo:

- remo, piragüismo;
- descenso en esquí;
- yudo, lucha, boxeo;
- tiro.

Los siguientes párrafos describen con mayor detalle las formas y métodos de entrenamiento de fuerza máxima, fuerza explosiva y fuerza-resistencia.

En el capítulo 4, relativo a la planificación del entrenamiento, se describirá extensamente la manera de aplicar los contenidos del entrenamiento, es decir, los ejercicios de fuerza, en cuanto al incremento de su intensidad, volumen y variabilidad durante las distintas etapas de entrenamiento y en los diferentes campos de aplicación.

El entrenamiento de la fuerza máxima

La fuerza máxima se alcanza por un lado a través de la hipertrofia muscular (→ entrenamiento de desarrollo muscular) y, por otro, mejorando la utilización sincrónica del mayor número posible de unidades motoras (→ coordinación intramuscular); también se aplica la combinación de ambos (→ entrenamiento combinado).

En la figura 34 vemos una sinopsis del entrenamiento de la fuerza máxima con sus tipos de entrenamiento, características, campos de aplicación y métodos de entrenamiento.

Entrenamiento de la fuerza máxima			
Tipo de entrenamiento	Entrenamiento para el desarrollo muscular	Entrenamiento combinado	Entrenamiento de la coordinación intramuscular
Característica	Engrosamiento de las fibras musculares (= hipertrofia)	Hipertrofia e incremento sincrónico de la activación de las unidades motoras	Incremento sincrónico de la activación de las unidades motoras
Áreas de aplicación	Como forma básica del entrenamiento de la fuerza para todas las áreas de aplicación y deportes	Preferentemente para deportes de rendimiento y de alto rendimiento	Deportes de rendimiento y de alto rendimiento
Métodos de entrenamiento y cargas	Método de muchas repeticiones (10-15) a baja intensidad (40-60%)	Método de pirámide (40-100%)	1 Método de intensidad elevada y máxima (75-100%) y pocas repeticiones (1-5) 2 Método de cargas reactivas (100% y > 100%)

FIGURA 34: El entrenamiento de la fuerza máxima.

El entrenamiento para el desarrollo muscular

El entrenamiento para el desarrollo muscular es la forma más usada para incrementar la fuerza máxima. Esto radica en su aplicación en el acondicionamiento físico y en el culturismo. Ambos ámbitos se prestan muy bien para alcanzar el objetivo de aumento de la sección transversal del músculo.

Con una musculatura de mayor diámetro, en el acondicionamiento físico se consiguen los objetivos de incrementar el peso y la fuerza. En el culturismo, sin embargo, con este aumento del diámetro muscular se llega al incremento muscular y a una relación proporcional entre determinados músculos.

El entrenamiento para el desarrollo muscular constituye además una medida dentro del entrenamiento de la fuerza durante el entrenamiento básico y de profundización, en el deporte de rendimiento y de alto rendimiento y en la rehabilitación. En deportes de rendimiento como la lucha, el yudo o la halterofilia, por ejemplo, los diferentes segmentos del cuerpo del deportista se ven sometidos a torsiones y doblamientos. La consecuencia es que se debe guardar una relación determinada entre longitud del segmento y su sección transversal. Cuando esta relación no es correcta, un incremento rápido de su sección a través del aumento muscular puede prevenir daños, por ejemplo de la columna vertebral.

En deportes o disciplinas con categorías de peso, normalmente es conveniente aprovechar al máximo el límite de peso para alcanzar un rendimiento óptimo. Un deportista que no pueda cumplir con su peso, por ejemplo por haber cambiado a una categoría de peso superior y no haber desarrollado suficientemente su peso para la misma, tiene enormes desventajas frente a sus adversarios en una posible competición en esta fase. Entonces podemos disminuir estas desventajas a través de un rápido desarrollo del peso corporal, aumentando la musculatura.

Método de entrenamiento

Para incrementar la sección muscular se requiere una duración adecuada de los estímulos, es decir, que se ha de entrenar con muchas repeticiones, pero con una intensidad de baja a mediana. Concretamente:

Intensidad: 40-60 % del rendimiento máximo de cada deportista.

Repeticiones: 8-12.

Velocidad del movimiento: lenta y sin interrupciones para un incremento muscular extremo; mediana para los demás casos.

Series: 3-5 para poco experimentados, 5-8 para deportistas de rendimiento.

Descansos entre las series: 1,5-2 minutos.

Ventajas del entrenamiento para el desarrollo muscular

Contrariamente al entrenamiento intramuscular de la fuerza, con el entrenamiento para el desarrollo muscular se permiten constantes incrementos de la fuerza, si las cargas son correspondientes, produciéndose el aumento de la sección muscular como adaptación.

Con el entrenamiento a intensidades del 40 al 60 % del rendimiento máximo no se producen cargas elevadas psíquicas ni físicas, por ejemplo, para el sistema nervioso central, el sistema articular o el tejido ligamentoso y tendinoso. Por todas estas razones, el entrenamiento para el desarrollo muscular se ofrece también para no entrenados y jóvenes.

Inconvenientes del entrenamiento para el desarrollo muscular

Contrariamente al entrenamiento intramuscular de la fuerza, la fuerza alcanzada con el entrenamiento para el desarrollo muscular es inferior y evoluciona más lentamente.

Cuando se realiza un cambio en el tipo de entrenamiento, es decir, cuando se pasa del entrenamiento para el desarrollo muscular al entrenamiento intramuscular de la fuerza, se efectúa un aumento repentino de la carga, por ejemplo del 40 al 75 %. Esto puede tener efectos negativos para el sistema articular y nervioso.

El incremento desproporcionado de los músculos limita la flexibilidad, por un lado debido al aumento de la sección muscular, y por otro debido a la mayor tensión muscular (tono muscular) provocada por el mismo. *Son imprescindibles los ejercicios de estiramiento* durante el entrenamiento de la fuerza para evitar el acortamiento muscular por la mayor tensión del músculo.

El entrenamiento de la coordinación intramuscular

Como ya explicamos antes, el hombre no entrenado no es capaz de activar de forma sincrónica un gran número de unidades motoras de su musculatura. No obstante, a través del entrenamiento de la coordinación intramuscular sí que lo puede conseguir, cosa que produce un aumento elevado y rápido de la fuerza en el deportista ya familiarizado con el entrenamiento de la fuerza. Con esta forma de entrenar no se produce un aumento muscular o, en algunos casos, éste es muy reducido, debido a la corta duración del estímulo que conllevan las cargas submaximales y máximas que permiten sólo pocas repeticiones. A falta de este aumento muscular, el supuesto incremento de la fuerza sólo se puede basar, en este caso, en la mejora de factores nerviosos y bioquímicos.

Métodos de entrenamiento

Para poder aumentar la activación o bien la inervación de las unidades motoras se requieren, en el entrenamiento de la fuerza, cargas del 75 al 100 % o más de la fuerza máxima actual.

Para garantizar el efecto de adaptación de los sistemas neuromusculares o bien un incremento del rendimiento, se debe entrenar la carga, por ejemplo, del 75 % en 5 a 8 series de 4 a 5 repeticiones. El entrenamiento de la coordinación intramuscular no se aconseja por ello para no entrenados. Concretamente diferenciamos dos métodos:

1. El método de intensidades elevadas y máximas

Intensidades: 75-100 % del rendimiento máximo de cada deportista.

Repeticiones: 1-5, es decir, al 75 %-5x, 80 %-4x, 85 %-3x, 90 %-2x, 95-100 %-1x.

Ejemplo de aplicación: Objetivo: 6 series en trabajo pectoral en banca al 75 %, es decir, 6 x 5 repeticiones con 75 kg = 30 repeticiones (véase también «principios del entrenamiento»).

Velocidad del movimiento: lento-rápido (debido a las cargas muy elevadas).

Series: 5-8 (a menor número de repeticiones más series).

Descansos entre las series: 1-2 minutos.

2. El método de las cargas reactivas¹

Ejercicios: flexiones profundas de las rodillas (véase fig. 3b), «impulsos a golpe con piernas y manos», etc.

Intensidades: 100 % y más.

Repeticiones: 6-10.

Velocidad del movimiento: explosiva.

Series: 6-10.

Descanso entre las series: 2 minutos.

Ejemplo: flexiones profundas de las rodillas

Estas flexiones son saltos bajos ante un obstáculo con salto inmediato hacia delante y arriba cuando se llega al suelo. Sirven para incrementar la fuerza de salto, y los deportistas de rendimiento las realizan desde una altura de 50 a 135 cm. En estos ejercicios se ha de tener en cuenta que los saltos en los que el talón no toma contacto con el suelo desarrollan sobre todo el músculo gastrocnémico, mientras se fomenta

¹ Este método se denomina también con los siguientes conceptos sinónimos: entrenamiento pliométrico, entrenamiento excéntrico, entrenamiento de la elasticidad, método de golpes.

el músculo cuádriceps femoral cuando el talón toca el suelo (SCHMIDT-BLEICHER/GOLLHOFER, 1982, 306). El método reactivo que emplea estos saltos se basa en primer lugar en el enlace de una contracción muscular excéntrica en el salto con un máximo de fuerza muy elevado, que se explica como reacción al frenado repentino de la energía del movimiento; después se produce una corta fase isométrica que se transforma en concéntrica en el momento de volver a saltar (véase también la fig. 29).

En este tipo de ejercicios existe pues una combinación compleja de diferentes formas de contracción muscular. En cuanto a la fisiología muscular se conjugan momentos de preinervación, inhibición de la innervación, reflejo frente al estiramiento y elementos musculares elásticos. Por esto se entiende el efecto especial de este método para el desarrollo de la fuerza a través de la colaboración entre los sistemas nervioso y muscular.

Estos efectos fisiológico-musculares transcurren en el ejemplo de la flexión baja, según SCHMIDT-BLEICHER/GOLLHOFER (1982, 298 ss.), de la siguiente manera:

– Durante la flexión en forma de caída se produce a nivel de la musculatura de la pierna (demostrado en los músculos recto femoral y gastrocnémico) una preinervación que se reduce ligeramente poco antes del contacto con el suelo (sobre todo en los saltos de mayores alturas, supuestamente debida a los efectos inhibidores desde los órganos del equilibrio y el sistema nervioso central). Esta reducción es aparentemente un mecanismo protector para no sobrecargar el músculo en el frenado repentino posterior.

La preinervación se debe a los reflejos frente al estiramiento iniciados a través de los husos musculares, y también abarca fibras musculares que normalmente no se activan en este movimiento.

– La importancia funcional de la preinervación para el posterior «aterri-zaje» y nuevo inicio de salto radica «por un lado en la sensibilización óptima de los husos musculares y, por otro, en la modificación de la elasticidad de los músculos afectados. A la vez se crea con la preactivación una base de innervación que produce un desarrollo más rápido y más elevado de la fuerza que el que sería posible con la voluntad, debido a un «cúmulo de reflejos»». Es como si la energía cinética almacenada con el estiramiento de la componente elástica se sumara durante la siguiente contracción concéntrica.

Las ventajas del entrenamiento de la coordinación intramuscular

Debido a la intensidad elevada en el entrenamiento (a partir del 75 %) se consigue un marcado y rápido aumento de la fuerza sin aumento muscular ni de peso corporal. Por esta razón se ofrece la aplicación del entrenamiento de la fuerza de tipo intramuscular sobre todo para disciplinas deportivas que, por determinadas razones, sólo buscan

una mejora de la fuerza relativa, es decir, un aumento de la fuerza sin aumento muscular; por ejemplo, en deportes con categorías de peso cuando se quiere mantener la categoría.

Cuando el tipo de esfuerzo requiere el llevar, mantener, frenar y acelerar el propio peso corporal no es deseable un aumento del mismo, y no sólo por razones estéticas.

Inconvenientes del entrenamiento de la coordinación intramuscular

Con el entrenamiento a niveles submáximos y máximos se producen cargas elevadas de tipo psíquico y físico, sobre todo en el SNC, en el sistema articular, en los tejidos ligamentosos y tendinosos. Este tipo de entrenamiento no se debe aplicar con principiantes y con jóvenes más que en determinadas condiciones (recordemos que en los adolescentes, durante la pubertad, conviene aprovechar al máximo la ventaja biológica de una mayor liberación de hormonas para el desarrollo muscular). Los inconvenientes para el desarrollo muscular que resultan de un tipo de entrenamiento inadecuado, aplicado consciente o inconscientemente a jóvenes, apenas se podrán rectificar pasada la pubertad.

Por ejemplo, sería un error (de selección del tipo de entrenamiento) el evitar que halterófilos juveniles pasen a una categoría de peso superior, para tener así mayores posibilidades en la inferior, mediante el entrenamiento de la fuerza máxima que no produce aumentos de peso.

No obstante, el inconveniente más importante radica en las pocas posibilidades de aumentar la fuerza, que además no guardarían relación razonable con el esfuerzo necesario, una vez que el deportista haya conseguido aprovechar toda su fuerza existente, aparte de las reservas protegidas de forma autónoma. En esta situación se requiere de nuevo un entrenamiento para el desarrollo muscular.

El entrenamiento combinado

La base de este tipo de entrenamiento es la combinación de ambas posibilidades biológicas para aumentar la fuerza máxima, concretamente la hipertrofia muscular, por un lado, como consecuencia de un entrenamiento con cargas bajas y muchas repeticiones y, por otro, la mejora de la coordinación intramuscular como consecuencia de un entrenamiento con cargas elevadas y pocas repeticiones.

Métodos de entrenamiento

En función del objetivo se realizan en los entrenamientos con pirámides 4-5 ejercicios con 5-10 series para cada uno, es decir, unas 30 a 40 series por sesión de entrenamiento. En cuanto a los objetivos, el au-

mento de la fuerza, por un lado, se puede enfocar primordialmente a través de la hipertrofia muscular y, por otro, mejorando fundamentalmente la coordinación intramuscular. En el *enfoque primordial en la hipertrofia muscular para aumentar la fuerza* predomina el elevado número de repeticiones (mayor duración del estímulo). Esto significa que se eliminan las franjas de 1-2 o 1-3 repeticiones. Entonces hablamos de entrenamiento en pirámide aplanada (véase fig. 35b). Pero si enfocamos el aumento de la fuerza basado fundamentalmente en la mejora de la *coordinación intramuscular*, predominarán los números bajos de repeticiones (elevada intensidad del estímulo). Esto significa la supresión de la franja de 5-8 o 6-8 repeticiones. Entonces hablamos de un entrenamiento en pirámide normal (véase fig. 35a).

Siguiendo el principio de periodización, un entrenamiento de la fuerza comienza con tareas para la hipertrofia muscular. Si disponemos, por ejemplo, de 4 semanas para entrenamientos en pirámide, se dedicarán 2 semanas a pirámides aplanadas y otras 2 semanas a pirámides normales.

La gran diferencia en el número de series se debe a que, para que un entrenamiento de la fuerza sea eficaz, es decisivo el número de repeticiones y no sólo la intensidad del esfuerzo. Si en un entrenamiento en pirámide entrenamos sólo, por ejemplo, las series 1 a 4, el número que resulta de repeticiones, de $(4+3+2+1) = 10$, es demasiado bajo para conseguir el efecto correspondiente del entrenamiento. En ese caso, la pirámide se ha de repetir para alcanzar un número suficiente de repeticiones (en nuestro caso: 20). (Véase el ejemplo de la fig. 35c.)

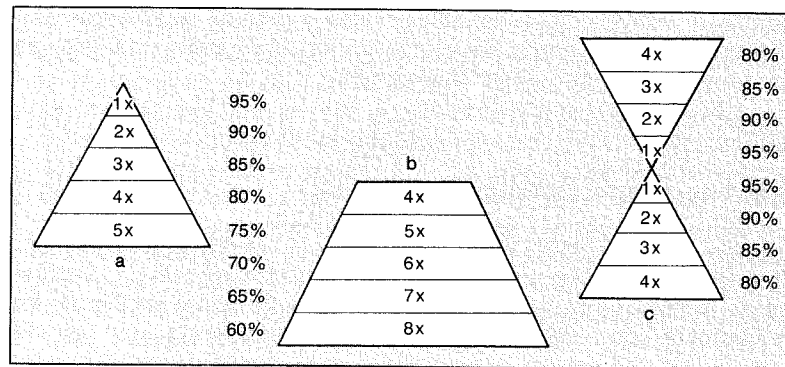


FIGURA 35: Ejemplos para el entrenamiento en pirámide: a) pirámide normal; b) pirámide aplanada; c) pirámide doble

Ventajas del entrenamiento en pirámide

Éstas radican sobre todo en las posibilidades de aplicarlo con los jóvenes, puesto que la combinación entre el entrenamiento para el desa-

rrollo muscular y el entrenamiento intramuscular de la fuerza garantiza por una parte la evolución correspondiente del peso corporal juvenil, y por otra un mejor aprovechamiento de su potencial muscular existente. Además se recomienda también la aplicación del entrenamiento en pirámide cuando sólo se dispone de poco tiempo para entrenar la fuerza. Cuando se han de contar normalmente 4 semanas de entrenamiento para desarrollar la musculatura y otras 4 para mejorar la coordinación intramuscular, con sólo 4 semanas disponibles en total se alcanzará más aplicando el entrenamiento en pirámide de forma combinada que reduciendo de forma aislada a 2 semanas tanto el entrenamiento para el desarrollo muscular como el de la coordinación intramuscular. No obstante, el entrenamiento en pirámide no constituye un suplemento completo cuando se trata de una *estructura de entrenamiento a largo plazo* (véase «Inconveniente del entrenamiento en pirámide»).

Inconveniente del entrenamiento en pirámide

Consiste en el bajo incremento de la fuerza en comparación con las otras dos formas de entrenar la fuerza máxima. Este bajo incremento de la fuerza se debe a una adaptación inferior causada por una menor duración del estímulo. Esta menor duración del estímulo resulta de la repartición del tiempo de estimulación entre los dos tipos de entrenamiento de la fuerza practicados de forma combinada, lo que no ocurre cuando se realizan por separado entrenamientos para el desarrollo muscular y de fuerza intramuscular.

Tabla 13. Intensidades, repeticiones y número de series del entrenamiento de la fuerza máxima.

	Intensidades	Repeticiones	Series
Entrenamiento para el desarrollo muscular	40-60 %	8-12	3-5 5-8
Entrenamiento de la coordinación intramuscular	75-100 %	1-5	5-8 6-10
Entrenamiento combinado (método de pirámide)	60-100 %	1-8	5-10

El entrenamiento de la fuerza explosiva

El objetivo del entrenamiento de la fuerza explosiva es el incremento de la velocidad de contracción de aquella musculatura decisiva para el rendimiento competitivo en el deporte respectivo.

Para ello, el entrenamiento ha de cumplir las siguientes condiciones:

- cargas inferiores, o
- cargas iguales a aquellas que se aplican en el deporte/disciplina concreto;
- además se han de mover estas cargas con la máxima velocidad posible.

Importante: Cuando las cargas en el entrenamiento se incrementan más de lo que exige la competición, aunque sólo en poca medida, ¡ya no se trata de fuerza explosiva!

Una vez que se haya alcanzado la velocidad máxima de contracción, no se podrá mejorar más la fuerza explosiva con otro entrenamiento aislado de la misma. Las razones de ello son, por un lado, que los estímulos de las cargas son demasiado cortos debido a los movimientos rápidos y no se producirán adaptaciones relativas al aumentar la sección muscular y, por otro, que la resistencia en los movimientos rápidos es demasiado baja para provocar adaptaciones referentes a una mejora de las capacidades intramusculares. No obstante, partiendo de la base de que en la mayoría de los deportes se alcanza normalmente un elevado nivel de velocidad de contracción debido a los esfuerzos específicos de cada deporte, un entrenamiento aislado de la fuerza tendría poco efecto, salvo algunas excepciones. Estas excepciones son los deportes como, por ejemplo, la halterofilia, donde se dispone de los factores decisivos para la fuerza explosiva –inervación muscular elevada y área de sección adecuada de fibras musculares rápidas– debido al entrenamiento permanente con cargas elevadas, pero donde no se entrena la velocidad de contracción por la realización lenta de los movimientos causada por las resistencias elevadas.

Los métodos de entrenamiento

La eficacia completa del entrenamiento de la fuerza explosiva sólo se alcanza en combinación con las formas de entrenamiento de la fuerza máxima. Por tanto, para el entrenamiento de la fuerza explosiva hemos de atender siempre al siguiente orden metodológico:

- primero aumentar la fuerza máxima,
- luego, entrenamiento de la fuerza explosiva adaptado a la técnica para recuperar la velocidad de contracción anterior o bien para incrementarla.

En la práctica han dado buenos resultados las dos posibilidades siguientes:

- 1) en el marco de una sesión de entrenamiento, realizar ejercicios de fuerza explosiva inmediatamente después del entrenamiento intramuscular de la fuerza máxima;

- 2) entrenamiento de la fuerza explosiva de forma aislada después de acabar el período del entrenamiento de la fuerza máxima.

Método 1

Realización de movimientos de la disciplina competitiva exclusivamente con el peso corporal propio o bien con los instrumentos competitivos que se requieren.

Método 2

Realización de movimientos de la disciplina competitiva reduciendo el peso corporal o bien el peso de los instrumentos. Ejemplos: para sprints, carreras cuesta abajo o con tracción a favor; para los lanzamientos, utilizar instrumentos más ligeros; para saltos verticales, disminuir el peso corporal empleando aparatos que ayuden mediante tracción (por ejemplo, «Longe»).

Para ambos métodos:

Velocidad del movimiento: explosiva.

Repeticiones: 6-10.

Series: 6-10.

Descanso entre las series: 2 minutos.

Cuando se realiza un entrenamiento de la fuerza máxima para deportes que usan instrumentos ligeros, por ejemplo el tenis, no se requiere normalmente un posterior entrenamiento de la fuerza explosiva, puesto que las funciones neuromusculares se vuelven a adaptar en este caso simplemente con los movimientos deportivos específicos hasta alcanzar pronto la velocidad de contracción anterior.

El entrenamiento de la fuerza-resistencia

Como ya mencionamos anteriormente, la capacidad de fuerza-resistencia es una combinación entre las capacidades de fuerza y de resistencia. Según las exigencias deportivas específicas, los rendimientos de fuerza-resistencia pueden contener, por un lado, en igual medida capacidades de fuerza y de resistencia, pero, por otro lado, también pueden ser necesarios en diferentes proporciones.

Hablamos de fuerza-resistencia a corto plazo cuando se necesita una fuerza elevada frente a poca resistencia.

Cuando las exigencias de fuerza y resistencia son más o menos iguales, nos encontramos en el ámbito de fuerza-resistencia a medio plazo, mientras que en caso de requerirse una resistencia elevada frente a fuerzas bajas, se habla de fuerza-resistencia a largo plazo.

Veamos ahora las tareas de entrenamiento para incrementar:

La fuerza-resistencia a corto plazo

En este caso puede prescindirse de un entrenamiento específico de la fuerza-resistencia, puesto que las fuentes energéticas para rendimientos de fuerza-resistencia con fuerzas elevadas son casi exclusivamente de tipo anaeróbico. Razón: Cuando la fuente energética es suficiente para realizar un rendimiento del 100 % también lo será, según conocimientos práctico-deportivos, por ejemplo, para:

- 2 repeticiones a un rendimiento al 90 %,
- 4 repeticiones a un rendimiento al 80 %,
- 5 repeticiones a un rendimiento al 75 %,
- 10 repeticiones a un rendimiento al 50 %, etc.

Método de entrenamiento

La fuerza-resistencia a corto plazo se incrementa con entrenamientos para aumentar la fuerza máxima, aplicándose el mismo método en cuanto a la frecuencia de entrenamiento, su duración, volumen (intensidad por repeticiones), número de series, etc.

La fuerza-resistencia a medio plazo

Además del entrenamiento de la fuerza máxima se requieren aquí medidas específicas de fuerza-resistencia para incrementar la capacidad aeróbica, ya que nos encontramos frente a niveles iguales de resistencia y fuerza, es decir, que la fuente energética será aeróbica y anaeróbica a partes iguales.

Métodos de entrenamiento

1. Entrenamiento en fases o entrenamiento complejo de los movimientos deportivos específicos, con cargas adicionales y mayor número de repeticiones (dinámico) o mayor tiempo de carga (estático) según se requiera en las competiciones, o bien con descansos inferiores entre las series.

Intensidades: 20-50 %.

Repeticiones: 10 y muchas más.

Hemos de tener en cuenta que estos deportistas no están entrenados en fuerza máxima, es decir, que su capacidad intramuscular-coordinativa no está aprovechada del todo, de forma que el 50 % de intensidad «aplicado» equivaldrá sólo al 30 % aproximadamente de la capacidad posible.

Series: 4-10.

Descanso entre las series: 1 minuto.

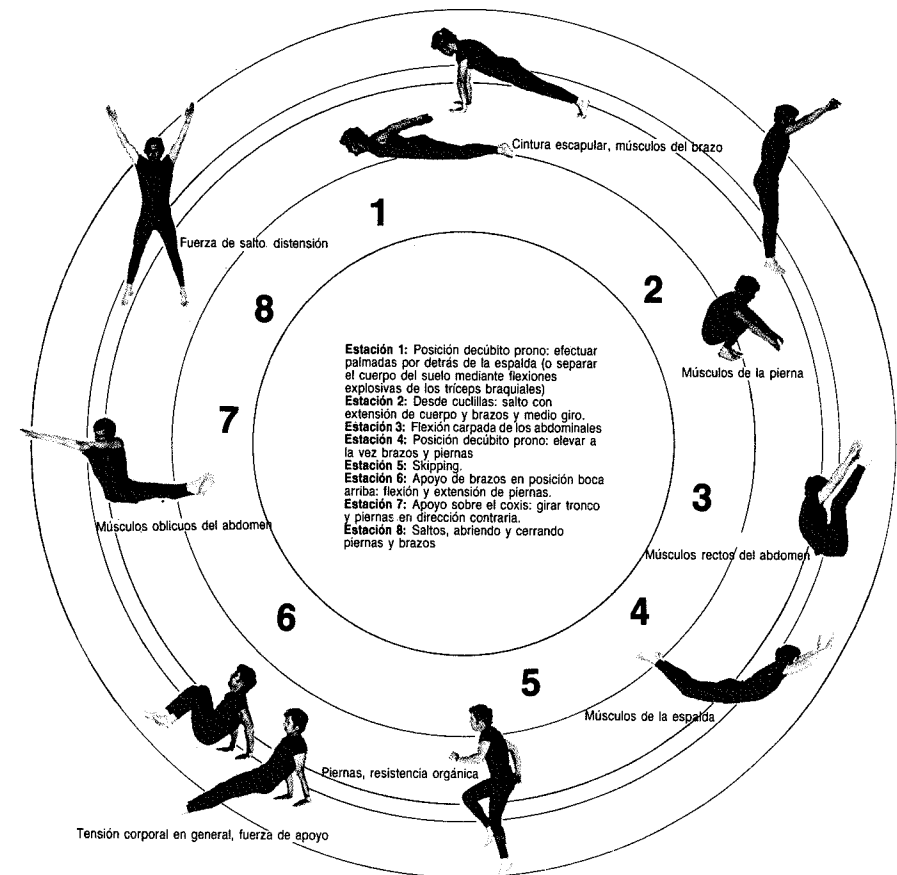


FIGURA 36: Circuito sin aparatos para el entrenamiento de la fuerza-resistencia en general (fuente: BAUMANN/ZIESCHANG 1976, 17).

2. Entrenamiento en circuito. Según la edad y la capacidad de rendimiento, se entrenan los músculos relevantes para el rendimiento en cada deporte en un circuito de 6-12 etapas.

Etapas: 6-12, en cada etapa un grupo muscular diferente.

Tiempos de esfuerzo: 20 seg para principiantes, 40 seg para deportistas de rendimiento.

Descansos entre las etapas: 40-80 seg para principiantes, 20-40 seg para deportistas de rendimiento.

Series: 2-6.

Descanso entre las series: 2-4 minutos.

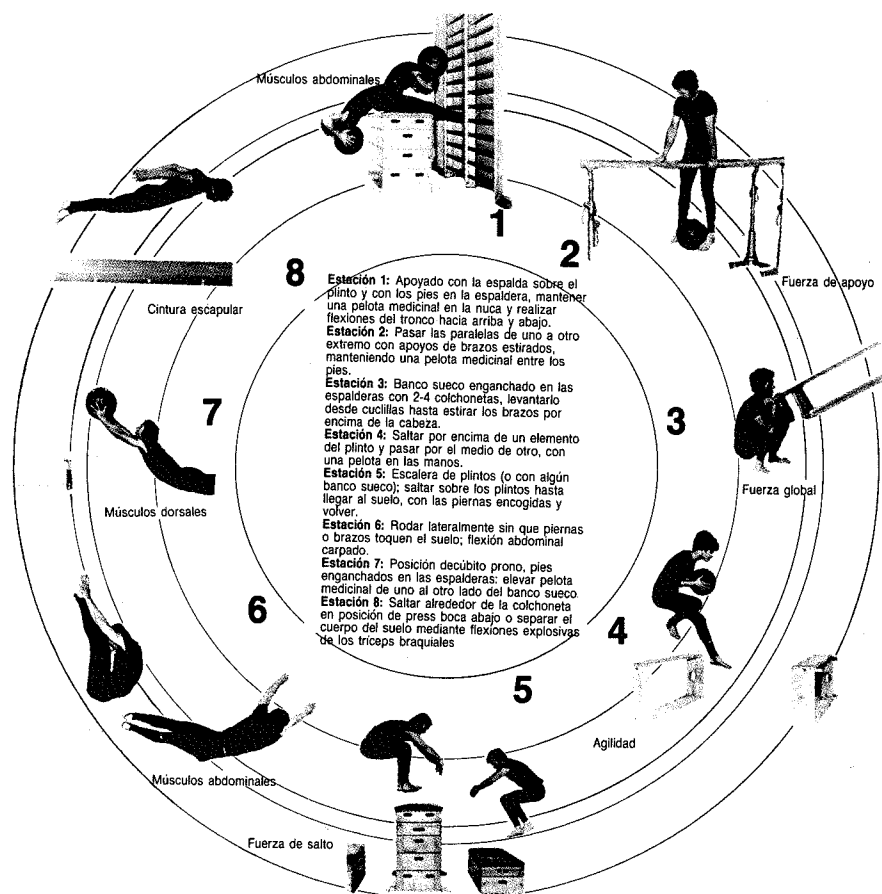


FIGURA 37: Circuito con aparatos para el entrenamiento de la fuerza-resistencia en general (fuente: BAUMANN/ZIESCHANG 1976, 21).

La fuerza-resistencia a largo plazo

El hecho de que para la fuerza-resistencia a largo plazo sea decisiva la resistencia, es decir, que la fuente energética sea casi exclusivamente aeróbica, hace que sólo se requieran tareas de entrenamiento que incrementan la capacidad aeróbica, como circuitos y entrenamientos en fases o entrenamientos complejos de los movimientos deportivos específicos a intensidades elevadas (véase «La fuerza-resistencia a medio plazo»).

Métodos complementarios de entrenamiento

Aparte de los métodos más usados para incrementar la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la fuerza-resistencia, existen algunos otros procedimientos que se pueden aplicar de forma complementaria en el sentido de la variedad del entrenamiento y para mantener la fuerza. Algunos de estos métodos incluso son extraordinariamente útiles en el ámbito de la rehabilitación.

Concretamente, vamos a describir los *métodos de las contracciones excéntricas e isométricas* y el *método isocinético* que sólo tienen una expansión limitada en el deporte de rendimiento, en parte por los elevados gastos de adquisición, las dificultades organizativas, etc. Además, hablaremos del llamado «*método transitorio*», que se puede aplicar en el deporte de rendimiento entre los periodos de entrenamiento de la fuerza máxima con sus distintas formas de entrenamiento y el entrenamiento de la fuerza explosiva (combinado con el entrenamiento de la técnica).

El método de la contracción excéntrica

En este método se habla de entrenamiento «dinámico-negativo» o «excéntrico»¹ refiriéndose al acompañamiento de cargas con una lentitud consciente hasta su posición inicial. De esta forma se pueden conseguir estímulos de entrenamiento más largos con un mayor efecto de adaptación, incluso en tareas dinámico-positivas acompañando de manera intencionadamente lenta la carga hasta su origen.

Sabemos que los estímulos máximos tienen el mayor efecto de adaptación y por ello también el máximo aumento de fuerza. Sin embargo, para conseguirlo se necesita un número imprescindible de estímulos, es decir, unos 8-12 estímulos por músculo o grupo muscular. Pero esto no

1. «Entrenamiento dinámico-negativo o excéntrico»; por ejemplo, sentarse hasta la posición de cuclillas (frenando); «entrenamiento dinámico-positivo o concéntrico»; por ejemplo, levantarse desde la posición de cuclillas (superación).

es factible cuando combinamos entrenamientos dinámico-positivos y dinámico-negativos, dado que el rendimiento máximo se repite una vez, como mucho, ya que constituye una especie de récord personal. Esto significa que en el entrenamiento dinámico-positivo, y también en la combinación, sólo se puede trabajar con cargas submáximas, lo que reduce evidentemente el efecto del entrenamiento.

No obstante, en el entrenamiento «dinámico-negativo» se puede trabajar con cargas del 130 % y más del rendimiento máximo individual. Así incluso mejora la fuerza en deportistas entrenados durante años en esta capacidad.

La poca importancia que el «entrenamiento excéntrico» tiene a pesar de ello en la práctica se debe al elevado riesgo de lesiones, por un lado, y, por otro, a su difícil aplicación. Casi siempre se necesitan dos compañeros como ayudantes para volver a colocar la carga (barra de pesas) en su posición inicial. Una excepción es el entrenamiento de brazos y cintura escapular en posición erguida: el practicante puede aquí llevar la carga (barra de pesas) a su posición inicial sin ayuda, con un «*pressing*» es decir, implicando además los músculos de las piernas.

El «entrenamiento excéntrico» se suele aplicar sólo durante el período preparatorio y en ejercicios combinados con partes dinámico-positivas y estáticas.

Razones: El entrenamiento con cargas máximas tiene, como ya mencionamos, un efecto negativo sobre la velocidad de contracción. Un «entrenamiento excéntrico» aislado durante el período de competiciones cuestionaría tareas de entrenamiento que mejoran la velocidad de contracción (entrenamiento de la fuerza explosiva), puesto que éste es uno de los objetivos esenciales a alcanzar durante el período de competiciones.

Los ejercicios combinados con partes dinámico-positivas, dinámico-negativas y estáticas han resultado eficaces para la eliminación rápida de debilidades en determinadas zonas o grupos musculares. Las posibles pérdidas de velocidad de contracción adquieren una importancia ínfima debido a la brevedad de estas medidas y la limitación de las cargas.

Directrices para la realización:

Intensidades: 100-130 % (y superiores).

Repeticiones: 3-4.

Series: 5-6.

Frecuencia de entrenamiento: 2 veces por semana.

Métodos de contracción isométrica

Los ejercicios de fuerza sólo se realizan de forma estática, es decir, que se desarrolla solamente una tensión elevada en el músculo. Su aplicación principal consiste en estabilizar la fuerza de determinados grupos musculares o bien posiciones articulares, o de volver a «reforzarla» de forma aislada, cuando no se ofrece otro método. La experiencia demuestra que un «entrenamiento dinámico» tiene mayor efecto que uno «isométrico». Diferenciamos dos posibilidades metodológicas del «entrenamiento isométrico».

1. «Entrenamiento estático de la fuerza muscular»

Este método de entrenamiento tiene poca importancia para el deporte de rendimiento, si dejamos aparte los ámbitos del acondicionamiento físico y de la rehabilitación en algunos deportes como tiro, etc., que requieren gran cantidad de fuerza estática. Los estudios realizados en los años sesenta por HETTINGER referentes al incremento de la fuerza mediante ejercicios isométricos no son transferibles al deporte de rendimiento. El «entrenamiento estático» sólo tiene aplicación en el deporte de rendimiento en forma de una combinación entre movimientos dinámico-negativos y dinámico-positivos.

Directrices para la realización:

Movimiento: sostener.

Intensidad: 50-100 %.

Tiempo de tensión: 6-8 seg para el ámbito del acondicionamiento físico, hasta 10 minutos y más para el ámbito del deporte de rendimiento (por ejemplo, semiflexión de las rodillas para los esquiadores de descenso).

Repeticiones de cada ejercicio: 6-20.

Descanso entre los ejercicios: 1-2 minutos.

Ventajas del «entrenamiento estático»

- Realización sencilla en espacio reducido, ninguna inversión en material;
- tiempo invertido, relativamente poco;
- «tratamiento» local y sistemático de determinados músculos (con ángulos articulares específicos);
- aumento de la fuerza basada sobre todo en la coordinación intramuscular;
- especialmente indicado para el ámbito de la rehabilitación.

Inconvenientes del «entrenamiento estático»

- Poco incremento de la sección transversal de las fibras musculares (¡también puede ser una ventaja!);
- las elevadas tensiones inciden negativamente en la capilarización del músculo, por tanto, efecto desfavorable sobre el sistema cardiovascular;
- inexistencia de procesos intermuscular-coordinativos entre el SNC y la musculatura;
- cansancio a nivel del SNC;
- influencias negativas sobre la elasticidad o bien soltura muscular;
- estancamiento relativamente temprano de la mejora de la fuerza;
- monotonía en el entrenamiento;
- durante la realización de los ejercicios se produce pronto una respiración jadeante, inadecuada sobre todo en entrenamientos con niños y personas mayores.

2. Electroestimulación

La electroestimulación es una forma específica del «entrenamiento isométrico». En ella no se dirige el músculo desde el centro nervioso, sino desde el exterior mediante electrodos puestos encima del músculo. Sólo esta situación de montaje de aparatos le da una aplicación muy específica; además, su efecto es todavía discutido.

El efecto consiste simplemente en el incremento de la hipertrofia que sólo lleva a un mayor nivel de fuerza en combinación con otras medidas de entrenamiento o de entrenamiento de la fuerza.

Directrices para la realización:

Duración del estímulo: unos 10 seg.

Repeticiones: 10.

Descanso entre las repeticiones: 50 seg.

Ventajas de la electroestimulación

- Entrenamiento sistemático de músculos aislados –de ahí su aplicación específica para la rehabilitación–;
- hipertrofia relativamente rápida (pero sólo hasta un determinado límite) por las posibilidades de mantener una tensión elevada durante mucho tiempo;
- apenas existen estímulos inhibidores desde el SNC, puesto que no intervienen procesos de inervación voluntaria.

Inconvenientes de la electroestimulación

- No existe control nervioso-central, y por eso no se producirán procesos de coordinación (por lo tanto totalmente inadecuado para entrenamiento técnico-específico);
- apenas se llega hasta los músculos más profundos;
- los umbrales fisiológicos y psíquicos de fatiga en parte no se tienen en cuenta, así que apenas se alcanza una estimulación óptima de la musculatura.

Entrenamiento isocinético

Se trata aquí de un movimiento uniforme (iso = igual; cinético = en movimiento) en los ejercicios de fuerza. Este tipo de entrenamiento sólo se puede realizar con aparatos, que aseguran en cada fase del movimiento –independientemente del momento angular o bien de la palanca– una resistencia y una velocidad constantes, y con ello también un estímulo uniforme para todos los grupos musculares por esforzar. Para ello es indispensable la realización del movimiento a una velocidad constante. Si, por ejemplo, el movimiento se interrumpe, nos encontramos ante una resistencia nula. Con ello se pierde el efecto adicional, contrariamente al entrenamiento dinámico-positivo, donde éste fue el resultado del acompañamiento de las pesas o aparatos hasta su posición inicial en un movimiento frenado (efecto dinámico-negativo del entrenamiento).

Como sucede en la electroestimulación y en el «entrenamiento estático», tampoco se desarrollan aquí capacidades de coordinación. El «entrenamiento isocinético» se presta sobre todo para la rehabilitación y para deportes con movimientos de velocidad constante como, por ejemplo, la natación.

Directrices para la realización:

Intensidad y repeticiones: en función de cada deporte.

Por ejemplo 100 % 5x
70 % 50x
50 % 100x

Series: 5-6.

Frecuencia de entrenamiento: 2 veces por semana, también mayor en función de cada deporte.

El método transitorio

Los atletas/entrenadores aplican el llamado método transitorio en deportes donde se trabaja con cargas muy elevadas (por ejemplo, con el

propio peso corporal y más) durante el período preparatorio 2 para evitar un cambio brusco del entrenamiento de la fuerza máxima a la fuerza explosiva.

Este método tiene los siguientes efectos:

- un paso armónico de cargas pesadas a otras más ligeras, o bien
- de movimientos a velocidad lenta de los ejercicios de fuerza a velocidades específicas de la competición;
- además se limitan las posibilidades de lesión;
- en general se evitan pérdidas demasiado grandes de fuerza y tono muscular que, sin duda, se producen cuando se entrena exclusivamente la fuerza explosiva.

Directrices para la realización:

Ejercicios: saltos verticales y horizontales con chaleco de arena, saltos con barra de pesas.

Velocidad de movimiento: rápida.

Intensidades: 20-60 %.

Repeticiones: 6-12.

Series: 5-10.

Descansos entre las series: 1-2 minutos.

No obstante, este método sólo tiene un efecto limitado referente a las adaptaciones en el sentido de incrementar la fuerza máxima y explosiva, dado que la duración del estímulo es demasiado corta o bien la carga demasiado baja para incrementar la fuerza máxima, y las cargas son demasiado elevadas para mejorar la fuerza explosiva en el sentido de una velocidad máxima de contracción.

Observación: Este método se aplica en la práctica también con movimientos incompletos. Por ejemplo, en las flexiones cortas de las rodillas que nunca alcanzan el estiramiento total se produce una mayor duración de la tensión de los músculos y se trabaja, en total, con mayores intensidades de estímulo, causadas además por un mayor número de repeticiones por serie, por ejemplo 10; asimismo, se pueden esforzar con mayor eficacia determinados músculos o grupos musculares en diferentes sectores.

La planificación del entrenamiento de la fuerza

¿Qué es la planificación del entrenamiento?

Definición

La planificación del entrenamiento la entendemos como una coordinación a corto y largo plazo de todas las medidas necesarias para la realización del entrenamiento enfocadas hacia la mejora del rendimiento.

Las «medidas necesarias» son los llamados *elementos intrínsecos* y los *factores de planificación*, que pueden ser variables o delimitantes (véase a continuación).

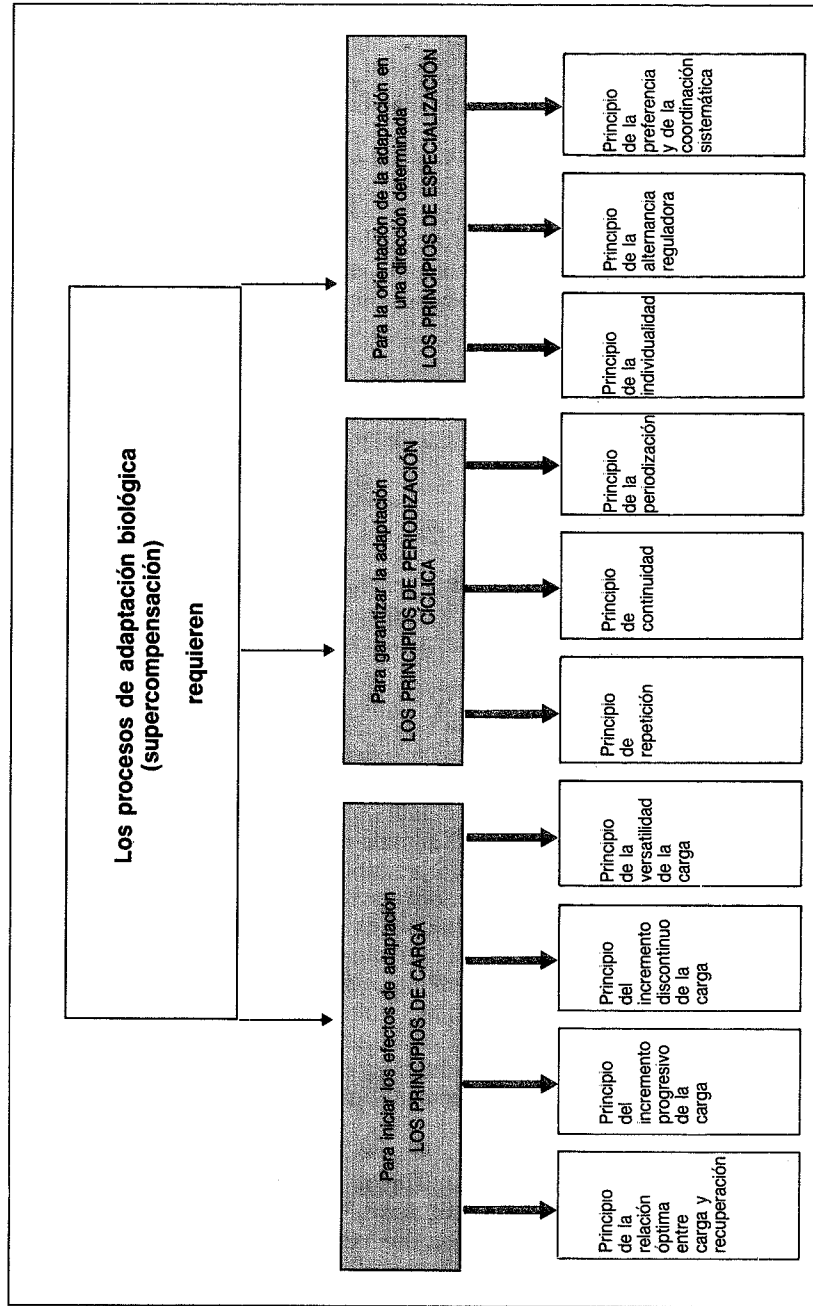
La «coordinación a corto plazo» se refiere a una sesión de entrenamiento y, en parte, a un ciclo diario (por ejemplo, si se entrena varias veces al día); si se trata de coordinación a largo plazo, nos centramos en los microciclos y macrociclos.

Elementos intrínsecos

Todo el proceso de planificación se puede entender en el sentido del modelo cibernético, en el que el entrenador realiza las siguientes tareas:

- planificar el entrenamiento (previo conocimiento del nivel actual de rendimiento y de entrenamiento, → diagnóstico inicial);
- con rigor, llevarlo a la práctica con el atleta;
- controlar durante la realización (por ejemplo, observar los movimientos);

Tabla 14. La aplicación de los principios de entrenamiento en función de los procesos de adaptación del organismo (fuente: GROSSER y cols., 1983, 14).



- analizar los valores obtenidos en los controles lo más pronto posible y comparar los resultados con valores normativos existentes (por ejemplo, comparar un movimiento observado con la «técnica idónea»), con el fin de:
- poder dar inmediatamente informaciones en forma de correcciones (= información inmediata o sincrónica);
- los ejercicios del entrenamiento también se pueden valorar y corregir posteriormente, justo después de su terminación (= información rápida); o bien, el nivel de entrenamiento adquirido después de varias sesiones de entrenamiento se puede registrar, analizar (= información tardía o bien modificación de la planificación) y luego corregir mediante determinados métodos de control (o en base a los rendimientos competitivos).

Estos pasos los denominamos «elementos intrínsecos» del proceso de planificación, ya que deben intervenir en cada sesión de entrenamiento, basándose en la colaboración entre entrenador y atleta. Si se descuida, por ejemplo, el control,¹ que siempre es necesario, de los movimientos o niveles físicos, no se podrá garantizar una evolución óptima del rendimiento.

Factores de planificación

Además de los «elementos intrínsecos», que son casi etapas fijas de cualquier proceso de entrenamiento, existen factores con los que, en el fondo, se puede dirigir, es decir, moldear, la evolución del rendimiento; los llamados factores de planificación. A ellos pertenecen primordialmente:

- los *tipos y métodos de entrenamiento*, tal como los describimos en el capítulo 3;
- los *contenidos del entrenamiento* que, para el desarrollo de la fuerza, consisten en ejercicios para la fuerza, estiramientos y ejercicios de relajación para mejorar la resistencia aeróbica, y
- los *principios del entrenamiento* que trataremos a continuación.

Estos factores de planificación (con excepción de algunos principios del entrenamiento) se pueden cambiar o modificar en cualquier momento según las necesidades. Por eso tienen una aplicación variable (por ejemplo, sustituir el entrenamiento para el desarrollo muscular por el de la coordinación intramuscular); pero también pueden tener un

1. Para el control del nivel de la fuerza, véase los ejemplos de test del libro de GROSSER, M./STARISCHKA, St.: *Test de la condición física*, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1988.

efecto limitador para el rendimiento, por ejemplo, los principios del entrenamiento que implican determinadas reglas de adaptación biológica y procesos de control neuromuscular.

Los principios del entrenamiento

La teoría del entrenamiento ha estipulado los llamados principios del entrenamiento (véase, por ejemplo, GROSSER/STARISCHKA/ZIMMERMANN, 1983, 12-40), puesto que el entrenamiento depende de procesos de adaptación biológica y de control neuromuscular. Estos principios sirven para integrar sistemáticamente los conocimientos científicos en las pautas metodológicas.

Mediante estos principios tenemos pues la posibilidad de alcanzar la mejora de la fuerza en base a los datos científicos actualmente disponibles.

Los principios que afectan al ámbito del entrenamiento de la condición física –sabemos que la fuerza es una capacidad física– se basan en las reglas de la *adaptación biológica*.

Para la aplicación metodológica de los principios en el entrenamiento de la fuerza se han de seguir primero los siguientes pasos enfocados hacia la adaptación biológica:

- provocar primero efectos de adaptación –esto se consigue con el llamado principio de la carga–;
- desarrollar y asegurar estos efectos de adaptación a largo plazo a través de los llamados principios cíclicos o de periodización; y
- finalmente, dirigir la adaptación a largo plazo hacia una dirección específica (a través de los principios de especialización).

La tabla 14 presenta una sinopsis de los principios del entrenamiento para el ámbito de la adaptación biológica (= entrenamiento de la condición física).

De esta lista estructurada de principios del entrenamiento podemos deducir también que un incremento del rendimiento se ha de extender por un plazo de tiempo más largo que se subdivide generalmente en los siguientes niveles de entrenamiento con sus años de práctica correspondientes:

Niveles de entrenamiento

- entrenamiento de base (nivel de principiantes) 2-4 años
- entrenamiento de profundización (nivel de avanzados) . . . 2-4 años
- entrenamiento de rendimiento (nivel de dominio) 2-3 años
- entrenamiento de alto rendimiento (atletas de élite): más de 6-9 años

A continuación describiremos brevemente el proceso de la adaptación biológica para el entrenamiento de la fuerza y posteriormente las

posibilidades de planificación a través de los principios del entrenamiento de la condición física (en combinación con la aplicación de los contenidos, tipos y métodos de entrenamiento).

La adaptación biológica

Adaptación biológica significa:

Cuando el organismo humano se somete a estímulos de entrenamiento que superan su umbral, se produce un cambio de sus sistemas internos –en el entrenamiento de la fuerza: a nivel de la musculatura y del SNC– a un nivel superior de rendimiento.

Para conseguir efectos de adaptación, los estímulos de entrenamiento han de tener una intensidad de:

- 20-30 % de la capacidad actual de rendimiento para el principiante, y
- 40-100 % en el deportista de rendimiento (los porcentajes bajos se refieren al entrenamiento para el desarrollo muscular).

El proceso de adaptación en sí se puede ilustrar con el principio de la sobrecompensación (para más detalles, véase GROSSER y cols., 1983, 11-22) con las siguientes explicaciones para el entrenamiento de la fuerza:

- cuando el músculo se esfuerza por encima de su umbral, se produce una mayor disociación de las estructuras proteicas y del ATP, en el caso de este último, para poder liberar la suficiente energía (fase catabólica);
- de esta forma se provoca una activación del aparato celular genético y se establece, por ejemplo, una hipertrofia muscular (por la mayor síntesis de proteínas) durante el entrenamiento para el desarrollo muscular en su fase anabólica (descanso) y una mejora del rendimiento del SNC;
- si la musculatura recibe en las siguientes sesiones de entrenamiento más estímulos, éstos se distribuirán entre una mayor masa celular.

Desde esta perspectiva, el entrenamiento de la fuerza dependerá siempre:

- del correcto nivel de carga (estímulo), y
- de la correcta relación temporal entre carga y descanso. A continuación vamos a hablar de ello con más detalle.

Planificación de las variables de la adaptación

El comienzo de los procesos de adaptación se consigue a base de los principios de la carga.

El principio de la relación óptima entre carga y recuperación

Las cargas

Podemos imaginar una situación inicial y a partir de ahí el aumento del rendimiento mediante las cargas, tal como se representa en la figura 38:

- la capacidad máxima de rendimiento corresponde al principio del entrenamiento al 70 %, aproximadamente, de las reservas energéticas (= 100 % del actual rendimiento de fuerza máxima);
- mediante el entrenamiento se pretende alcanzar cerca del 90-95 % de la capacidad de rendimiento absoluta;
- una intensidad del 30 % es suficiente para incrementar el rendimiento cuando se parte del actual nivel inicial mencionado (70 %);
- con mayor capacidad de rendimiento y cuanto más nos acerquemos al límite individual, mayor incremento tendrá que experimentar la intensidad (y el volumen), es decir:
 - el atleta de élite ha de trabajar como mínimo al 70 % para mantener su nivel de rendimiento,
 - el umbral de excitación se sitúa por encima del 70 % para incrementar el rendimiento; a veces coincide con el límite fisiológico del rendimiento;

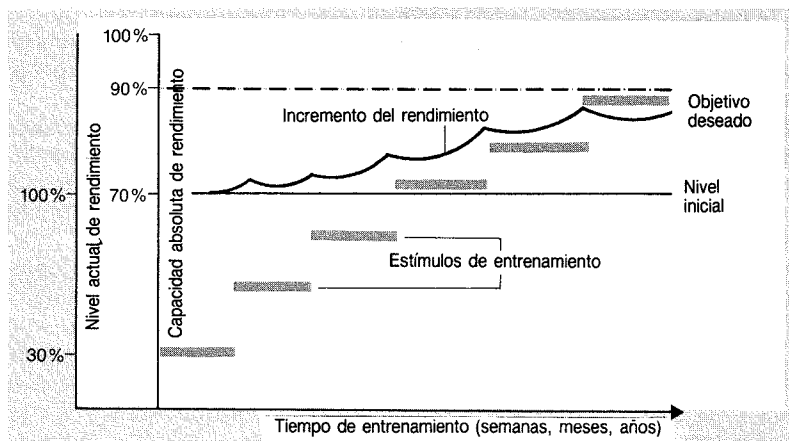


FIGURA 38: Gráfico esquemático del efecto favorable del entrenamiento (en base al principio de la supercompensación; fuente: GROSSER y cols., 1983, 22)

- el rendimiento aumenta cada vez menos, a medida que la capacidad de rendimiento se incrementa (aumentándose constantemente el volumen de entrenamiento).

La curva idealizada del incremento del rendimiento representada en la figura 38 (siguiendo el principio de la sobrecompensación) se manifiesta sobre todo en la práctica con principiantes, con ejercicios nuevos o poco experimentados, y con dosis de carga superiores durante poco tiempo (por ejemplo, competiciones preparatorias). Los deportistas bien entrenados requieren para el proceso de transformación –es decir, el incremento a través de sobrecompensación– semanas o meses (→ ésta es la razón por la que siempre necesitamos las pruebas para planificar el entrenamiento).

El cansancio y la recuperación

Cualquier carga por encima del umbral produce un cansancio. Éste se define como la disminución reversible de la funcionalidad como consecuencia de la actividad muscular.

Todos los fenómenos de cansancio muscular tienen una razón común: los productos metabólicos intramusculares (dentro del músculo) se acumulan y no se degradan o no se eliminan con la rapidez suficiente. Las manifestaciones características de cansancio como consecuencia de elevados esfuerzos musculares son generalmente:

- la reducción de la capacidad de rendimiento o la disminución de la velocidad de los movimientos y una motricidad insegura (delimitación de la coordinación);
- aumento del tiempo de reacción;
- pérdida de la motivación.

Podemos diferenciar entre cansancio local y central. El *cansancio local* es la incapacidad del músculo para mantener un equilibrio entre los procesos metabólicos de degradación y de resíntesis, produciéndose una mayor acidez, aumento de la temperatura, pérdidas de glucógeno, lo que significa la disminución de la capacidad de rendimiento muscular. Se sabe que las fibras nerviosas aferentes (que van de la médula hacia el cerebro) informan al sistema nervioso central sobre el estado del músculo. Cuando estos impulsos son fuertes (en función del grado de acidez), originarán la propagación de impulsos inhibidores que, al final, obligan a dejar el trabajo (= *cansancio central*). Vemos que la causa es una modificación local, pero es el cansancio central originado por ello lo que delimita el rendimiento. Supongamos entonces que el proceso del cansancio del cuerpo sigue los siguientes pasos:

- 1) primero se emiten impulsos inhibidores desde el sistema nervioso central;
- 2) luego se bloquea la transmisión de impulsos neuromusculares;
- 3) finalmente se agotan o se inhiben las sustancias de transmisión a nivel muscular.

Esto parece muy lógico, ya que significa que la componente central del cansancio obliga antes a dejar un trabajo que la componente local (mecanismo protector). El efecto de la mayoría de los dopantes consiste en eliminar o bien elevar la barrera de los mecanismos protectores para aprovechar adicionalmente los depósitos energéticos de emergencia. Los peligros de estas prácticas son evidentes y no vamos a profundizar más en dicha temática en este lugar del libro.

Además de depender de una carga óptima, los procesos de adaptación dependen también de una fase óptima de recuperación.

En la tabla 2 (p. 48), ya determinamos los posibles tiempos de recuperación después de trabajos de fuerza.

Los aspectos de la carga

Los aspectos de la carga tienen un papel importante como factores de planificación para poder coordinar cargas y descansos.

Para el entrenamiento de la fuerza los aspectos de la carga son la frecuencia de los entrenamientos, la duración del estímulo y el entrenamiento, el volumen y la intensidad del estímulo; aparte del tiempo de recuperación (densidad de los estímulos) del que ya hemos hablado.

La frecuencia de los entrenamientos

La frecuencia de los entrenamientos indica el número de sesiones semanales de entrenamiento.

Depende de:

- El objetivo.

Para alcanzar el objetivo «mejora de la fuerza en el ámbito del acondicionamiento físico», por ejemplo, basta con una frecuencia de 2 por semana, mientras que la mejora de la fuerza en el deporte de alto rendimiento requiere, en función de cada deporte, hasta frecuencias de entrenamiento de 8 por semana y más.

- La importancia de la fuerza para el deporte en cuestión.

Lo que acabamos de decir también es válido para el valor de la fuerza en cada deporte. Por ejemplo, puede ser suficiente para un tenista una frecuencia de 2 por semana para conseguir golpes más potentes a través de una mejora de la fuerza, mientras que un lanzador de disco necesita 6 o más sesiones semanales de entrenamiento, tratándose de una modalidad que requiere mucha más fuerza.

Tabla 15. Frecuencia semanal del entrenamiento de la fuerza.

	Area del acondicionamiento físico	Entrenamiento de base	Entrenamiento de profundización	Entrenamiento de rendimiento y de alto rendimiento
Generalmente	1x	1x	2x	3x
En función del nivel de fuerza				
Bajo	1-2x	1x	2x	3x
Alto	2-3x	2x	3x	3-4x
En función del período de entrenamiento				
Período transitorio		1x	1x	1-x
Período preparatorio		1-2x	2-3x	3-4x
Período de competiciones		1x	1x	1-2x
En función de la importancia de la fuerza dentro del deporte concreto				
Baja		1x	1-2x	2x
Mediana		1-2x	2x	3x
Alta		2x	2-3x	4x y más

- El nivel de la fuerza

Teniendo en cuenta los demás aspectos de la carga, a un nivel bajo de fuerza es suficiente una frecuencia de 2 por semana para conseguir aumentar la fuerza. Si el nivel de fuerza es elevado, sin embargo, la estimulación de dos entrenamientos semanales es demasiado baja para alcanzar adaptaciones incrementadoras de la fuerza.

- La edad y los niveles de entrenamiento

Los niveles de entrenamiento suelen abarcar dos grupos determinados de edades; pero debido a que éstos varían según cada deporte, las indicaciones acerca de la frecuencia de entrenamiento sólo pueden relacionarse con los niveles de entrenamiento. En el entrenamiento de base (primer nivel del entrenamiento para principiantes y neófitos), una frecuencia de 1 a 2 veces por semana suele ser suficiente, dependiendo de la importancia de la fuerza para el deporte concreto.

En el entrenamiento de profundización (segundo nivel) se incrementará la frecuencia a 2-3 por semana.

La frecuencia de entrenamiento se vuelve a aumentar a 3-8 veces por semana en el entrenamiento de rendimiento y de alto rendimiento.

La duración del estímulo y del entrenamiento

La duración del estímulo es el tiempo durante el cual el estímulo del movimiento tiene un efecto motriz sobre la musculatura. También se puede considerar como duración del estímulo el tiempo de una serie (por ejemplo, con 10 repeticiones).

La duración del entrenamiento es el resultado de la duración del estímulo por el número de repeticiones y la duración de los descansos entre determinadas series o ejercicios.

La duración del entrenamiento de la fuerza se mueve entre 60 y 90 minutos, incluyendo los 10 minutos de calentamiento y de la parte final (por ejemplo, carrera suave final o ejercicios gimnásticos). La variación de 30 minutos resulta de un menor número de repeticiones, porque sabemos que una adaptación positiva también requiere una disminución correspondiente de las cargas. Esta disminución también se consigue con una duración normal del entrenamiento, es decir, con el número normal de repeticiones, reduciendo la intensidad (por ejemplo, el peso de las pesas). El *tiempo de los descansos* es de 1 a 2 minutos en función de la intensidad. Los descansos de 3 a 5 minutos, citados en diferentes libros, no son necesariamente correctos si consideramos los conocimientos práctico-deportivos. Esto es fácil de observar en el ejemplo del entrenamiento del halterófilo: durante una sesión de 75 minutos se realizan, en función del período de entrenamiento, 5 ejercicios de 6 series cada uno (un promedio de 30 series, en total). Los 2 minutos de descanso entre las series multiplicados por 30, más 15 minutos de calentamiento y parte final, suman ya una duración de 75 minutos sin tener en cuenta el tiempo de los ejercicios.

La intensidad del estímulo

Caracteriza el grado del estímulo o bien las exigencias de las cargas durante la realización del ejercicio.

La intensidad máxima equivale al rendimiento individual máximo en cada ejercicio medido en kg. Las intensidades aplicadas en el entrenamiento de la fuerza suelen ser sólo fracciones del rendimiento máximo, debiendo partir siempre del nivel actual de rendimiento. Esto significa que las pérdidas de rendimiento por lesión, enfermedad, vacaciones, etc., se han de tener en cuenta. La intensidad del estímulo depende del tipo o bien del período de entrenamiento. Pero sólo tiene eficacia si los entrenamientos se realizan con las correspondientes cantidades de repeticiones y series.

El volumen del entrenamiento

El volumen del entrenamiento es el resultado de la duración y el número de repeticiones de todas las cargas y de la intensidad de una sesión de entrenamiento.

Ejemplo:

30 series con 5 repeticiones cada una y un peso medio de las pesas de 50 kg dan como resultado: $30 \times 5 \times 50 = 7.500$ kg de volumen del entrenamiento.

El principio del incremento progresivo de la carga

Este principio se ha de aplicar, en el contexto del entrenamiento de la fuerza, sobre todo en el ámbito de los neófitos, puesto que deja suficiente tiempo al organismo para una adaptación continua a los incrementos de las cargas; es decir, que por una parte no entorpece la evolución del peso corporal y, por otra, limita daños en el sistema articular, tejido ligamentoso, tendones, etc. Además, se ha de aplicar también a nivel de élite mientras exista aún una posibilidad de aumentar el rendimiento.

Para el entrenamiento de la fuerza se recomienda el siguiente orden metodológico para un incremento progresivo:

1. Aumentar la *frecuencia de los entrenamientos* de 1-2 por semana hasta el entrenamiento diario (siempre que se requiera en el deporte concreto).
2. Aumentar el *volumen del entrenamiento*, por ejemplo, a través de un mayor número de repeticiones o de series.

Ejemplo para principiantes:

1.^a SE - 3 series }
2.^a SE - 3 series } 1.^a semana

3. ^a SE - 4 series } 4. ^a SE - 4 series }	2. ^a semana	
5. ^a SE - 5 series } 6. ^a SE - 6 series }	3. ^a semana	(SE = sesión de entrenamiento)
7. ^a SE - 6 series } 8. ^a SE - 6 series }	4. ^a semana	

3. Aumentar la *intensidad del estímulo*, con lo cual se aumenta a la vez el volumen del entrenamiento.

1. ^a SE - 60 kg 2. ^a SE - 62,5 kg 3. ^a SE - 65 kg 4. ^a SE - 67,5 kg 5. ^a SE - 65 kg 6. ^a SE - 67,5 kg 7. ^a SE - 70 kg 8. ^a SE - 72,5 kg	(Retroceso)
--	-------------

A rendimientos inferiores y en función de los tiempos de entrenamiento se puede también bajar 5 kg en la 5.^a SE.

El principio del incremento discontinuo de la carga

Este principio sólo se debe aplicar para el entrenamiento de la fuerza en caso de un desarrollo insuficiente del rendimiento o bien frente a su estancamiento.

La carga lenta y lineal es un principio importante del proceso evolutivo del rendimiento, pero no tiene tanto efecto como un incremento discontinuo y temporal de la carga.

Esto significa en la práctica el poder aplicar las siguientes formas, siempre que ya exista una amplia base de rendimiento, alcanzada mediante el incremento progresivo de la carga:

- incremento discontinuo del volumen (sobre todo en el período preparatorio),
- incremento repentino de la intensidad.

En este contexto se debe tener en cuenta lo siguiente:

- las distancias temporales entre «incrementos discontinuos de la carga» se han de adaptar a los niveles individuales de rendimiento;
- después de estos «saltos», el organismo necesita siempre un cierto tiempo para adaptarse al nuevo nivel de carga y para fijarlo;
- ¡atención a las sobrecargas!

- los síntomas tras un incremento rápido del rendimiento pueden ser:

- poca estabilidad del rendimiento,
 - mayor predisposición a las lesiones,
 - nerviosismo, etc.;
- por esto se recomienda: control constante, observación, tests.

El principio de la versatilidad de las cargas

Los tipos de cargas que acabamos de exponer conllevan en su totalidad una contradicción:

- por un lado se requiere un incremento lento y progresivo para la adaptación estable del organismo a los estímulos;
- por otro lado, de esta forma se produce en un determinado momento un estancamiento, teniendo que «interferir» con cargas discontinuas y versátiles para crear un nivel más elevado de rendimiento.

Estas reflexiones llevan al axioma:

Evitar crear situaciones de entrenamiento aburridas y monótonas, siendo mejor variar siempre las cargas a partir de un determinado nivel de rendimiento (después del entrenamiento de base).

Por tanto, se aplican siempre variantes:

- cuando se han agotado las posibilidades de incrementar el rendimiento, y
- cuando se ha de garantizar el mantenimiento de la forma durante un período de varias semanas o bien para dos momentos máximos durante la temporada.

Las posibilidades de variación:

- alternar entre los diferentes tipos de entrenamiento, por ejemplo entre entrenamiento para el desarrollo muscular, entrenamiento combinado o entrenamiento de la coordinación intramuscular;
- alternar entre incrementos progresivos y discontinuos de las cargas;
- aplicación del método de pirámide (que constituye en sí una «variación»).

La planificación de los mecanismos de la adaptación

Los principios de repetición y continuidad

Las relaciones intrínsecas entre carga y adaptación permiten o, más bien, exigen realmente un entrenamiento

- durante todo el año, o
- a lo largo de varios años.

Las cargas se han de aplicar, además, de forma repetitiva y continua (principios de repetición y continuidad). Ésta es la única manera de garantizar realmente los procesos de adaptación.

Concretamente, no se presentan incrementos del rendimiento sino retrocesos en los siguientes casos:

- interrupciones del entrenamiento;
- intervalos de descanso demasiado largos;
- entrenamientos irregulares;
- entrenamientos reducidos en cuanto a la intensidad;
- y además con entrenamientos demasiado uniformes y cuando se aplican cargas en estado no recuperado.

El principio de la periodización

El tiempo total de entrenamiento (de varios años) se divide en diferentes partes con objetivos muy específicos, ya que el ser humano no puede mantener constante su rendimiento durante más de 2 meses y porque éste se ha de alcanzar paso a paso y lentamente. Estos elementos reaparecen siempre de un modo cíclico, y cada uno se puede subdividir en las llamadas unidades cíclicas (fracciones periódicas).

El entrenamiento de un año (ciclo anual) garantiza un total de carga bastante elevado, lo que supone un crecimiento favorable del rendimiento. (Las interrupciones provocarían retrocesos.) No obstante, este entrenamiento de un año ha de tener una estructura sistematizada.

La *periodización/distribución en ciclos* comprende para la práctica:

1. Partes de un año, o bien de medio año, ya que se suele periodizar sólo medio año de entrenamiento de la fuerza:
 - período(s) preparatorio(s),
 - período(s) de competición,
 - período(s) transitorio(s).
2. Subdivisiones dentro de los períodos mencionados:

- macrociclos (2-4 semanas),
- microciclos (7 días),
- ciclos diarios (1-2 sesiones de entrenamiento),
- sesión de entrenamiento (1-2 horas).

Las principales pautas para los diferentes períodos

Período preparatorio (2 etapas)

Primera etapa:

- creación de requisitos físicos, psíquicos, etc.;
- crecimiento del volumen de las cargas, volumen superior a la intensidad;
- mayor énfasis en los ejercicios de desarrollo general;
- empezar ya a establecer centros de interés: entrenamiento para el desarrollo muscular;
- duración: cerca de 8 semanas.

Segunda etapa:

- el entrenamiento se vuelve más específico: reducir el volumen de los ejercicios de desarrollo general a favor de cargas y ejercicios específicos de la competición;
- el volumen total se mantiene, pero la intensidad aumenta; centro de interés: coordinación intramuscular, fuerza explosiva;
- duración: unas 8 semanas. Objetivo: alcanzar al final el nivel de rendimiento del año anterior.

Período de competiciones

- Se reduce el volumen del entrenamiento;
- intensidad en parte muy elevada;
- duración: 3-4 semanas (en algunos deportes incluso hasta 3 meses).

Período transitorio

- Duración: unas 4 semanas. Objetivo: regeneración completa en el nivel físico-psíquico.
- Recuperación activa, es decir: ejercicios de desarrollo general y práctica de otros deportes, disminuir volumen e intensidad, eventualmente terapia médica y si es necesario cambio de lugar y de clima. Sin embargo, no debe bajarse demasiado el nivel de rendimiento (sólo en un 20 % aproximadamente).

Cada período tiene una finalidad específica en el marco del desarrollo sistemático del rendimiento, derivándose las tareas específicas, medios, estructura de las cargas y otras secciones observables.

Para la periodización del entrenamiento de la fuerza se ha de tener especialmente en cuenta:

1. Finalidad específica

De acuerdo con la estructura de la periodización general del entrenamiento y con sus principios, las **formas de entrenar la fuerza máxima** y el **entrenamiento general de la fuerza-resistencia** forman parte del período preparatorio, mientras que el **entrenamiento de la fuerza explosiva** pertenece al período de competiciones. No obstante, los deportes con grandes exigencias de fuerza requieren incluso durante el período de competiciones un entrenamiento de la fuerza máxima de tipo intramuscular, o bien otros deportes pueden necesitar un entrenamiento leve de la fuerza explosiva durante el período preparatorio (véase fig. 39).

Fuerza máxima (FM)		Fuerza explosiva (FE) o fuerza-resistencia (FR)		Tipo de fuerza
Entrenamiento para el desarrollo muscular (DM)	Mejora de la coordinación intramuscular (CI)	Método de transición (MT)	Entrenamiento de la fuerza explosiva o fuerza-resistencia	Método o forma de entrenamiento de la fuerza
		Métodos complementarios		
	Fuerza explosiva		→	
	Fuerza-resistencia		→	
40-60 %	65-95 %	60-130 %	Hasta 100 %	Intensidad
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 Semanas				
Período preparatorio I (PP)		Período preparatorio II		Etapa de periodización
		Período de competiciones (PC)		

FIGURA 39: Etapas de la periodización en el entrenamiento de la fuerza (duración: 20 semanas).

Los incumplimientos de esta estructura cuestionan todo el esfuerzo invertido en el entrenamiento. Éste sería el caso, por ejemplo, del velocista que se dedicara al entrenamiento para el desarrollo muscular durante el período de competiciones. Nos encontramos en este caso ante la contradicción entre los movimientos lentos del entrenamiento para el desarrollo muscular y el objetivo específico del período de competiciones que es la realización de los movimientos a una velocidad máxima. Siguiendo el principio de la alternancia regu-

ladora resulta la necesidad de coordinar los diferentes elementos de la condición física durante el proceso de entrenamiento.

2. Espacios intermedios de tiempo

Los tipos de entrenamiento de la fuerza son limitados en su efectividad en cuanto al tiempo. Las formas de entrenar la fuerza máxima, con excepción del entrenamiento en pirámide, tienen un tiempo de aplicación de 4 hasta 8 semanas como máximo en el caso del entrenamiento para el desarrollo muscular y de 3 a 5 semanas para el entrenamiento intramuscular, que son los tiempos que han dado resultados de mayor eficacia. Con una duración inferior del entrenamiento para el desarrollo muscular no resulta el efecto de adaptación deseado, y con una duración superior no se guarda relación racional entre el esfuerzo de entrenamiento implícito y el resultado en cuanto a la adaptación adicional. Los entrenamientos intramusculares con tiempos inferiores a 3 semanas no son suficientes para aprovechar al máximo el potencial muscular ampliado a través del entrenamiento para el desarrollo muscular. Al pasar de las 4-5 semanas, sin embargo, se suele agotar este potencial, así que, también en este caso, el esfuerzo no guarda relación con un aumento adicional de la fuerza, aparte de que un entrenamiento de 4 a 5 semanas a base de cargas submáximas y máximas supone fuertes repercusiones a nivel psíquico y físico. El entrenamiento de la fuerza explosiva requiere un tiempo de 3 semanas. Una duración inferior también reduce el efecto de adaptación o bien la evolución del rendimiento.

Para los deportes con predominio de la fuerza explosiva se puede intercalar un espacio de 1-3 semanas entre entrenamiento de la fuerza máxima y de la fuerza explosiva, llamado método transitorio.

Conclusión:

De estas explicaciones resulta un ciclo de periodización que comprende para el entrenamiento de la fuerza un espacio máximo de 20 semanas. Esto significa que durante un año se pueden pasar dos veces las mismas etapas de periodización en determinados deportes (por ejemplo, halterofilia); nos encontramos en este caso del entrenamiento de la fuerza ante una periodización anual de dos cimas («bi-cíclica»). Otros deportes (por ejemplo, atletismo) incluyen este ciclo de 20 semanas en sus respectivos programas anuales (véase figura 40).

El entrenamiento plurianual

El entrenamiento plurianual necesario para todos los «deportistas de fuerza» se compone entonces de varios ciclos de 20 semanas (etapas

de periodización) seguidos o incluidos dentro de un programa anual. Los valores progresivos de las cargas se basan en los rendimientos máximos que cambian de etapa en etapa.

Las semanas del año que aún no tienen contenidos específicos se llenan con entrenamientos para mantener la forma o para el acondicionamiento físico en general.

FM-FE-FR	Potenciación general y FR		FM			FE-FR		FM FE FR				
Combinación (CO)	Acondicionamiento físico	Entrenamiento con circuitos Gimnasia de preparación física	FM	CO	CI	MT	FE-FR	CO				
FE FR	Mediante entrenamiento de la técnica		FE y FR mediante entrenamiento de la técnica									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
P				PT			PP I			PPII		PC

FIGURA 40: Etapas del entrenamiento de la fuerza dentro de un ciclo anual (aquí = ejemplo del esquí alpino y nórdico, aplicable a casi todos los deportes, modificando oportunamente los tiempos).

Los macrociclos y los microciclos

La estructuración de estos espacios más cortos de tiempo permite el incremento óptimo del rendimiento. Para ello se requieren controles constantes.

En un *macrociclo* se alternan fases más largas de cargas más elevadas con otras más cortas. Durante el período preparatorio: 4-8 semanas. En el período de competiciones: 3-4 semanas.

Un *microciclo* comprende 7 días. Características:

- modificación constante de la relación entre volumen e intensidad (véase la interrelación entre carga y descanso);
- alternancia entre cargas bajas y muy elevadas;
- caben sesiones de entrenamiento con tareas principales muy distintas;
- se puede interrumpir la monotonía del entrenamiento. Objetivo: alcanzar el límite de la capacidad de rendimiento;
- antes de la competición: durante 2-4 días con cargas muy altas (→ efecto de sobrecompensación).

Ejemplo de organización de un microciclo para el entrenamiento de la fuerza:

1. Con *dos entrenamientos* por semana se pueden aplicar en cada uno las mismas intensidades y volúmenes, puesto que existe un descanso de 2-3 días entre las sesiones.
2. Con *tres entrenamientos* por semana se recomienda repartir la carga entre lunes, miércoles y viernes, aplicando cargas iguales para los lunes y viernes y reduciéndola en un 10-15 % el miércoles.
3. Con *dos a cuatro entrenamientos* semanales es aconsejable variar las cargas a través de incrementos y reducciones de la intensidad, manteniendo el número de series.

La figura 41 refleja este procedimiento: primero se aumenta progresivamente la intensidad en tres días consecutivos, siguiendo el principio del incremento progresivo de la carga, para reducirla el cuarto día, volviendo a aumentarla los siguientes días de entrenamiento (las indicaciones en kilogramo significan intensidades medias de todos los ejercicios, contando con 30 series para cada uno).

4. Con *cinco o seis entrenamientos* semanales, la variación de las cargas puede centrarse en el número de series (tratándose de cinco ejercicios respectivamente) (véase fig. 42).

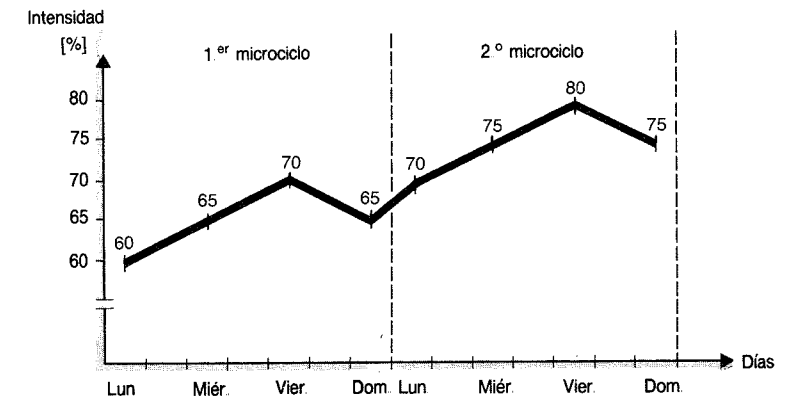


FIGURA 41: Distribución de las cargas durante dos microciclos con cuatro sesiones de entrenamiento cada uno

La sesión de entrenamiento

La sesión de entrenamiento es el elemento más pequeño de la estructura del entrenamiento. Según el nivel de rendimiento, se realizan entre 2 y 12 sesiones por semana.

El número de sesiones depende de:

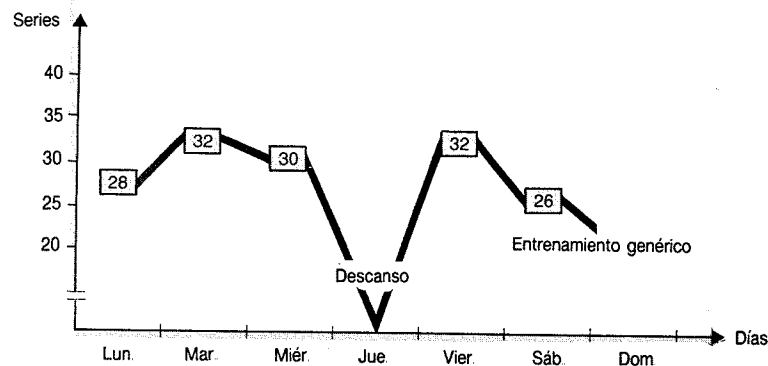


FIGURA 42: Distribución de las cargas durante un microciclo de 5-6 sesiones de entrenamiento, variando el número de series.

- 1) el grado de especialización del deporte concreto;
- 2) el nivel de entrenamiento;
- 3) la edad y los años que el deportista lleve entrenando (años de entrenamiento);
- 4) el período de entrenamiento;
- 5) la estructura de macrociclos y microciclos.

La sesión de entrenamiento corresponde en cuanto a su estructura a una clase de educación física: parte introductoria, parte principal y parte final.

Los criterios a seguir para estructurar la parte principal en cuanto a técnica y condición física deberían ser los siguientes:

Para la condición física:

- la condición específica precede a la general,
- velocidad antes que fuerza,
- fuerza antes que resistencia.

Para la técnica:

- la técnica se entrena antes que la condición física.

Planificación de la adaptación específica

Cualquier tipo de desarrollo del rendimiento en todos los deportes (respaldado por una base amplia) debe ser dirigido a partir de un determinado momento -aproximadamente a partir de un nivel de rendimiento- hacia una dirección específica, es decir, que los procesos de

adaptación energética y neuromuscular se coordinarán en función de un objetivo.

Esto implica:

- según el **principio de la individualidad**, considerar las particularidades de cada atleta (como talentos, motivaciones, disposición para el rendimiento, temperamento; posibilidades para entrenar; condiciones sociales, profesionales, etc.);
- según el **criterio de la alternancia reguladora** la coordinación bien dosificada entre los diferentes elementos de la condición física y la intervención de técnica y condición física dentro del proceso de entrenamiento para desarrollar un rendimiento máximo;
- y, según el **principio de la preferencia y de la coordinación sistemática**, el compaginar capacidades destacables que inciden sobre el rendimiento (por ejemplo, la fuerza máxima para el halterófilo) con capacidades complementarias que ayudan a rendir; igualmente se ha de tener en cuenta el predominio de determinados elementos de coordinación y de la técnica (por ejemplo, el ritmo para las vallas) para el entrenamiento de la misma (véase al respecto GROSSER/NEUMAIER: *Técnicas de entrenamiento*, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1986).

Medios y condiciones de entrenamiento

Para un incremento óptimo de la fuerza, y por tanto para dar al entrenamiento una estructura eficiente, se necesitan determinados medios y condiciones específicas de entrenamiento.

Medios de entrenamiento

Los medios de entrenamiento son las ayudas empleadas en el entrenamiento de la fuerza, sobre todo los aparatos de entrenamiento. Se aplican en función de las diferentes finalidades del entrenamiento de la fuerza. Explicaremos en concreto los siguientes medios de entrenamiento:

1. El propio cuerpo.
2. Plinto.
3. Balón medicinal.
4. Extensores.
5. Zapatos con pesas.
6. Chaleco de arena.
7. Saco de arena.
8. Mancuernas.
9. Halteras (para ejercicios, de competición).
10. Máquina multiestaciones.
11. Aparatos de electroterapia.

El propio cuerpo

El propio cuerpo se subestima a menudo como medio de entrenamiento, declarándolo a la ligera como medio idóneo para el inicio al en-

trenamiento de la fuerza. Vamos a explicar mediante unos ejemplos en qué medida los ejercicios con el propio cuerpo presuponen para el entrenamiento de la fuerza un grado elevado de capacidad de fuerza. Para alcanzar el Certificado Deportivo de Alemania Federal, que pretende ser muy exigente con las capacidades motrices del aspirante, se pide, por ejemplo, en el ámbito de la fuerza en la disciplina de la halterofilia, el levantar con ambos brazos un peso equivalente al 75 % del propio peso corporal. Frente a ello se han de superar en la extensión de brazos el 60 % y en la flexión o el dip (apoyo en las paralelas) el 90 % del propio peso corporal. Al respecto se ha de constatar que un ejercicio de halterofilia con el 75 % del peso corporal requiere un mayor esfuerzo a nivel coordinativo que una extensión o flexión de brazos.

Los ejercicios con el propio peso corporal o bien con el compañero son suficientes, sobre todo en los deportes colectivos, para mantener una capacidad existente de fuerza general o específica. Pero si no existe esta base se han de aplicar medios de entrenamiento más eficaces para alcanzarla.

El cuerpo como medio de entrenamiento se ofrece tanto para la fuerza máxima como para el entrenamiento de la fuerza explosiva y de resistencia. Se puede aplicar en las siguientes situaciones:

- entrenamiento general de la fuerza en los ámbitos del deporte escolar, de ocio, de rendimiento y de alto rendimiento;
- acondicionamiento físico, por ejemplo con ejercicios como la extensión de brazos, las flexiones de la cadera («navaja»: posición decúbito supino, levantar brazos y piernas), situps, flexión de brazos (en una barra fija), etc.;
- culturismo, por ejemplo con ejercicios como la extensión de brazos, las flexiones de la cadera («navaja»: posición decúbito supino, levantar brazos y piernas), situps, flexión de brazos (en una barra fija), dips, etc.;
- rehabilitación, con los ejercicios antes mencionados y también de forma estática.

Los estímulos procedentes de formas que utilizan el propio cuerpo como medio de entrenamiento no son lo suficientemente grandes para el entrenamiento específico de la fuerza en el deporte de rendimiento. Solamente suelen bastar para mantener la fuerza a corto plazo, pero no para aumentarla. Una excepción la constituyen las diferentes formas de salto, puesto que garantizan un incremento de la capacidad de fuerza incluso en el entrenamiento específico de la fuerza a nivel del deporte de rendimiento. Esto es debido al esfuerzo combinado y a un preestramiento óptimo de los músculos mediante los saltos. Los esfuerzos combinados –a través de estímulos diferentes– ocasionan, como ya explicamos, un incremento rápido y elevado de la fuerza. El músculo realiza, en el caso de las formas de salto, un trabajo de superación

(dinámico-positivo o concéntrico) en la batida y un trabajo de frenado (dinámico-negativo o excéntrico) en la llegada.

Plinto

El plinto sirve como medio de entrenamiento sobre todo para los músculos extensores de la pierna y de los glúteos. Es indicado para:

- el entrenamiento de la fuerza máxima, por ejemplo mediante saltos bajos, ejercicios de subida con pesas;
- el entrenamiento de la fuerza explosiva, por ejemplo con saltos encima del plinto con una o ambas piernas, como el salto vertical con los pies juntos o el salto vertical y horizontal con los pies juntos;
- el entrenamiento de la fuerza-resistencia, por ejemplo mediante saltos continuos de subida y bajada o laterales por encima con muchas repeticiones.

En definitiva, se puede aplicar el plinto para:

- el entrenamiento de la fuerza específica;
- el entrenamiento general de la fuerza;
- el acondicionamiento físico;
- la rehabilitación (con limitaciones).

Dado que después de lesiones se deben evitar esfuerzos explosivos o bruscos de la musculatura, se ha de prescindir de saltos. Una alternativa es el ejercicio de subir y bajar con una sobrecarga adecuada.

Balón medicinal

El balón medicinal es un medio de entrenamiento aplicable tanto para brazos, cintura escapular, vientre/espalda, piernas/cadera, como para ejercicios globales. Por su poco peso (1-3 kg) no se presta para el entrenamiento de la fuerza máxima, pero sí para:

- el entrenamiento de la fuerza explosiva (en especial en el método transitorio), por ejemplo con ejercicios de salto y de lanzamiento;
- el entrenamiento de la fuerza-resistencia, por ejemplo con ejercicios prolongados de salto, lanzamiento realizando muchas repeticiones.

El balón medicinal se puede aplicar en:

- el deporte escolar, de ocio y de acondicionamiento físico;
- la rehabilitación;
- y, en parte, en el deporte de rendimiento.

Extensores

Los extensores se utilizan, por ejemplo, en la natación y en la rehabilitación como medios de entrenamiento.

En la natación suelen servir para simular las brazadas, realizadas en condiciones de mayor esfuerzo por la resistencia de los extensores de goma. Dado que el número de repeticiones de 100 a 150 sólo permite intensidades bajas, el efecto del entrenamiento se centra aquí más en la mejora de la componente de resistencia (resistencia muscular local) y menos en la de la fuerza.

En el salto de esquí, por ejemplo, podemos entrenar perfectamente de forma estática con los extensores aquellos músculos que en el salto también realicen un trabajo estático, como los músculos lumbares y rectos del abdomen. El esquiador simula entonces su postura corporal durante el vuelo contra la resistencia de los extensores.

Como ya hemos explicado, el músculo no es capaz de desarrollar la misma fuerza a lo largo de toda su acción como consecuencia de los estímulos de carga que cambian constantemente, debido a los momentos angulares que varían continuamente. Además, sabemos también que es muy ventajoso para algunos deportes disponer de la fuerza muscular correspondiente en los dos extremos del movimiento, ya que de esta forma se puede alcanzar un incremento mayor de la velocidad del cuerpo, sus segmentos o de los instrumentos empleados. Por la característica de los extensores de goma de ofrecer mayor resistencia con su extensión progresiva, éstos se prestan perfectamente para entrenar la parte superior del músculo; pero el otro extremo muscular se descuida casi del todo.

Según la ley de Hooke, la resistencia o bien la carga se incrementa en proporción a la elongación. Esto significa que cuanto mayor sea la elongación de un extensor mayor será su resistencia. La doble elongación corresponde a una resistencia doble; si es triple, nos encontramos con la triple resistencia, etc. Si estiramos, por ejemplo, un extensor de 5 cm, teniendo que aplicar una fuerza muscular de 4 kp, ésta alcanza ya los 25 kp a una extensión de 25 cm. No obstante, la ley de Hooke sólo es válida en el ámbito elástico, lo que significa que el extensor no debe quedar deformado cuando se deja de estirar. Los extensores son indicados para el entrenamiento de la fuerza-resistencia y para el trabajo muscular estático, pero lo son menos para la fuerza máxima y en absoluto para entrenar la fuerza explosiva.

O sea, que se pueden aplicar para:

- el entrenamiento de la fuerza específica;
- el acondicionamiento físico, y
- la rehabilitación mediante el entrenamiento dinámico y estático.

En su favor se ha de decir que apenas requiere espacio, y además se puede aplicar incluso desde la cama del enfermo. Sobre todo en

esta situación se permite dosificar individualmente la intensidad del ejercicio, puesto que con su mayor elongación se incrementa su resistencia.

Zapatos con pesas

Los zapatos con pesas sirven como medio de entrenamiento para tronco, cadera y piernas. Su peso propio de 2,5 kg puede incrementarse con pesas adicionales. Igual que la pelota medicinal, el chaleco de arena y el saco de arena, los zapatos con pesas sólo se prestan en determinadas condiciones para el entrenamiento de la fuerza máxima, debido a su bajo peso propio. Se recomiendan para:

- entrenamiento de la fuerza rápida, por ejemplo mediante saltos verticales subiendo las rodillas o los talones hacia arriba, saltos verticales carpados, etc.;
- entrenamiento de la fuerza-resistencia o bien resistencia muscular local, por ejemplo balanceos con apoyo sobre el vientre, movimiento de carpa en posición decúbito supino («navajas»), balanceos con la pierna hacia delante y atrás, flexiones y extensiones de la pierna.

Sirven pues en:

- todos los ámbitos de aplicación;
- también en el ámbito de la rehabilitación. En este contexto, por ejemplo, después de lesiones a nivel de rodilla, resulta la ventaja de que se esfuerza también el aparato ligamentoso, aparte de la musculatura y de que se protegen los cartílagos de la articulación de la rodilla, por la siguiente razón: el peso de los zapatos metálicos origina un distanciamiento entre pierna y muslo. Por el contrario, por ejemplo, en el aparato del «press de piernas» la pierna es presionada contra el muslo desde el principio del ejercicio.

Chaleco de arena

Los chalecos de arena se aplican sobre todo como medios de entrenamiento en el área de carreras y saltos para mejorar la fuerza explosiva, pero, según nuestras explicaciones, no se obtiene el efecto deseado. En función de su peso propio graduable entre 1 y 10 kg, sirven para incrementar el efecto de la estimulación muscular, sin distorsionar mucho el movimiento, lo que sí podría ocurrir al entrenar con el saco de arena.

Además, el chaleco de arena se presta como medio de entrenamiento para mejorar la resistencia muscular local o bien la fuerza-resistencia a nivel de brazos, hombros, tronco y cadera/piernas. Por ejemplo, mediante ejercicios como flexiones de brazo en posición decúbito prono y

supino, carreras de carretilla, balanceos y giros del tronco, etc. El chaleco de arena también sirve para aumentar el efecto de los ejercicios gimnásticos de estiramiento a nivel del tronco.

Los chalecos de arena se aplican en:

- el entrenamiento general
- y específico de la fuerza.

Saco de arena

La utilidad del saco de arena como medio de entrenamiento se centra sobre todo en la gimnasia de condición física, como carga adicional para los músculos del tronco y de la cadera. También se presta para entrenar la fuerza, puesto que se adapta muy bien al cuerpo por su contenido flexible. Pero por su bajo peso, entre 1 y 5 kg, sólo sirve para el entrenamiento de la fuerza explosiva (y únicamente en determinadas circunstancias) o bien de la fuerza rápida, por ejemplo como carga adicional en ejercicios de salto o de lanzamiento; además sirve para el entrenamiento de la fuerza-resistencia o bien de la resistencia muscular local, por ejemplo como carga adicional en ejercicios como: balanceos, giros, flexiones, flexiones con giros, todos ellos a nivel del tronco, balanceos con apoyo sobre el vientre, estiramientos de brazos, etc.

Sirve en todos los ámbitos de aplicación.

Mancuernas

Las mancuernas ya se aplicaron en la Grecia Antigua, bajo el nombre de *halteres*, como carga adicional en la gimnasia y en diferentes modalidades de salto. En la actualidad se usan dos tipos de mancuernas:

- la mancuerna para el puño, con peso constante, y
- el aparato modificable.

La mancuerna para pesas variadas es la más eficaz para el desarrollo muscular, ya que el crecimiento del músculo requiere un aumento continuo del estímulo de entrenamiento. No obstante, al inicio del entrenamiento de profundización, de acondicionamiento físico o de fuerza-resistencia, la mancuerna de puño puede ser suficiente. Para aplicar pesos superiores a 5 kg se recomienda en cualquier caso la utilización de la mancuerna variable (giratoria).

Las mancuernas se aplican sobre todo en el entrenamiento de base y de profundización, así como en el culturismo, debido a su fácil manejo. Además se prestan para:

- el entrenamiento de la fuerza explosiva, por ejemplo como carga

adicional en los ejercicios de lanzamiento, en el boxeo, en el lanzamiento de peso y en el

– entrenamiento de la fuerza-resistencia, por ejemplo como carga adicional en los ejercicios continuos de lanzamiento.

Se prestan a todos los ámbitos de aplicación.

Halteras

Existen tres tipos de halteras:

- 1) las halteras de competición de los halterófilos, que son giratorias y llevan cojinetes incorporados;
- 2) las halteras giratorias pero sin cojinetes que se usan para el entrenamiento, y
- 3) las halteras rígidas o de bolas.

La barra rígida de pesas ya no se usa actualmente para el entrenamiento de la fuerza, debido a su difícil manejo y porque posiblemente causa lesiones a nivel de la muñeca, aplicándose las halteras giratorias. Lo que se dijo acerca de las mancuernas también es válido para las halteras: para entrenar con pesas más elevadas se recomienda el uso de las halteras de competición, que giran mejor con sus cojinetes, en comparación con las halteras de entrenamiento. Contrariamente a las mancuernas, las halteras (de competición) permiten variar las cargas entre 20 y 400 kg. Por esta razón se ofrecen como medio específico para el entrenamiento complejo de la fuerza muscular o bien para ejercicios globales de todo el cuerpo, concretamente para:

- el desarrollo muscular;
- la mejora de la coordinación intramuscular;
- el entrenamiento de la fuerza explosiva y
- de la fuerza-resistencia.

Las halteras sirven en todos los ámbitos de aplicación.

Máquinas multiestaciones

Las máquinas multiestaciones son los medios más eficaces, aparte de las pesas; suelen satisfacer todos los requisitos en cuanto a las cargas deseadas. Dado que la mecánica de las máquinas exige la realización de los movimientos en la dirección preestablecida, no se podrán fomentar, a la vez, las capacidades de coordinación como el equilibrio, el ritmo del movimiento, etc., cosa que sí es posible con las pesas.

En la práctica del entrenamiento se usan preferentemente tres tipos de máquinas multiestaciones:

1. La máquina multiestaciones propiamente dicha

En estos aparatos pueden entrenar hasta 24 personas en el mismo momento.

Pero estas máquinas apenas permiten variaciones, debido a su mecánica; suelen estar enfocadas a un determinado sector de un músculo o grupo muscular –lo que también se puede considerar como una ventaja.

Su aplicación es limitada para el deporte de rendimiento.

En cuanto a las posibilidades de modificar las cargas, existen aparatos con muelles y otros con pesas. En función del objetivo puede tener mayor eficacia uno u otro tipo. Si se quiere entrenar preferentemente la parte media del músculo, son más apropiadas las máquinas con pesas; si se ha de forzar la parte inferior, se prestan más los aparatos con muelles, puesto que se basan en la ley de Hooke. Ésta indica que la resistencia del muelle se incrementa con su elongación. Es decir, que el músculo recibe su mayor estímulo al final del movimiento.

Las máquinas multiestaciones son aptas para:

- el desarrollo muscular,
- la mejora de la coordinación intramuscular, y
- el entrenamiento de la fuerza-resistencia.

Sirven en todos los ámbitos de aplicación, sobre todo para el deporte escolar y el acondicionamiento físico; su aplicación es restringida en el deporte de rendimiento.

2. Las máquinas de entrenamiento sincrónico

Estos aparatos están contruidos de forma que el brazo de resistencia se puede modificar y que sólo recorre la mitad del camino del brazo de potencia a causa de la adaptación de un engranaje. De esta manera se pueden crear estímulos óptimos de entrenamiento para casi toda el área muscular (todas sus partes).

Lo mismo es posible en las máquinas multiestaciones propiamente dichas sólo de forma muy puntual en su posición normal, o bien sólo es factible cuando la articulación adopta una posición de gran momento angular.

Por ejemplo, para entrenar los músculos flexores del antebrazo, se alcanza en la máquina sincrónica, ya desde el inicio del movimiento, una carga máxima (estímulo) de la musculatura, debido a un elevado momento angular a causa de la modificación del brazo de resistencia. Esta carga se puede mantener hasta el final del movimiento del brazo,

ya que el brazo de resistencia se somete durante todo el movimiento del mismo a grandes momentos angulares, por su engranaje de 1:2.

Contrariamente a la máquina multiestaciones propiamente dicha, en la máquina sincrónica sólo puede entrenar una persona.

Ésta se presta para:

- el desarrollo muscular,
- la mejora de la coordinación intramuscular, y
- el entrenamiento de la fuerza-resistencia.

Es útil en todos los ámbitos de aplicación, especialmente en:

- el entrenamiento general de la fuerza,
- el acondicionamiento físico, y
- la rehabilitación.

3. Las máquinas isocinéticas

El funcionamiento de las máquinas isocinéticas también permite –independientemente de la magnitud del momento angular concreto o bien de la palanca del brazo de potencia– mantener en cada fase del movimiento una resistencia uniforme y con ello estimular igualmente todas las áreas del músculo o grupo muscular a entrenar. Para conseguir esto, sin embargo, se debe realizar el movimiento a una velocidad constante. Si, por ejemplo, se para el movimiento, la resistencia será igual a cero. Por esta razón se pierde en estos aparatos el efecto que resulta del frenado (efecto excéntrico o dinámico-negativo del entrenamiento) de pesas o aparatos durante su reconducción a la posición inicial. Igual que en la máquina sincrónica, sólo una persona podrá entrenar, al mismo tiempo, en las máquinas isocinéticas. Éstas están especialmente indicadas para deportes donde se realizan movimientos a velocidad constante, por ejemplo la natación.

Son adecuadas para:

- el desarrollo muscular y
- el entrenamiento de la fuerza-resistencia.

Se aplican en:

- el entrenamiento general y
- específico de la fuerza,
- el acondicionamiento físico y la rehabilitación.

Aparatos de electroterapia

Mencionamos los aparatos de electroterapia solamente para completar este capítulo. Tienen poca importancia como medios para entrenar la fuerza, puesto que sólo un reducido círculo de deportistas tiene acceso a ellos, y además se sigue cuestionando su eficacia. En la rehabilitación se emplean estos aparatos con éxito, por ejemplo cuando el lesionado no puede realizar los movimientos necesarios para mantener su funcionamiento muscular por falta de movilidad. La estimulación del músculo se efectúa en este caso mediante los impulsos eléctricos variables (electroestimulación) de los aparatos.

La eficacia de estos aparatos para el entrenamiento de la fuerza se pone en duda, pues presentan inconvenientes parecidos a los del entrenamiento isométrico debidos a la falta de movimientos dinámicos. Luego resulta, por ejemplo, que no se entrena el sistema neuromuscular, es decir, la cooperación entre sistema nervioso central y musculatura, lo que significa la ausencia de coordinación tanto intra como intermuscular. En consecuencia, la electroestimulación sólo lleva a un nivel superior de fuerza en combinación con otras medidas para entrenar la fuerza.

Condiciones de entrenamiento

A continuación explicamos algunas de las llamadas condiciones de entrenamiento, que tienen mucha importancia para el entrenamiento de la fuerza, conjuntamente con los contenidos y métodos de entrenamiento, la periodización y otros elementos importantes. Por su «autonomía» se tratan por separado en este apartado. Concretamente son las siguientes:

1. Vestimenta
2. Calentamiento
3. Higiene
4. Medidas regenerativas
5. Alimentación

Vestimenta

La vestimenta adecuada ayuda a mantener la capacidad de rendimiento, protegiendo al cuerpo de pérdidas calóricas indeseadas. En función de su cuantía, estas pérdidas pueden ser más o menos negativas

para la elasticidad y extensibilidad de los músculos. La menor elasticidad y extensibilidad muscular provoca, a su vez, una disminución del rendimiento y lesiones musculares. Se producen elevadas pérdidas de calor, por ejemplo, cuando la temperatura ambiente es baja y la vestimenta inadecuada. A una temperatura ambiente de 0°, por ejemplo, el organismo ha de compensar una diferencia calórica de 37°; lo que no es posible sin la ropa adecuada.

Por otra parte, la ropa debe permitir la correspondiente liberación de calor a temperaturas ambiente elevadas, puesto que sabemos que puede bajar el rendimiento no sólo cuando se pierde calor sino también cuando se acumula. Las pérdidas indeseadas o bien la reducción necesaria de calor se producen a través de la superficie corporal mediante conducción, irradiación o transpiración hacia el ambiente. A partir de los 30°, la eliminación de calor se realiza casi sólo por medio del sudor y su evaporación. Esta emisión calórica no es deseable durante el entrenamiento de la fuerza por el frío que la evaporación crea en la superficie corporal, que puede dificultar el rendimiento de la musculatura superficial y provocar lesiones musculares. Una ropa absorbente que capte el sudor evita en este caso un exceso de frío por evaporación.

La vestimenta necesaria para el entrenamiento de la fuerza se compone de chándal y jersey o bien pantalón corto (no demasiado estrecho, que a la vez no roce) y camiseta. Para que sea la adecuada, se ha de vigilar que se cumplan las exigencias antes mencionadas, es decir, que el jersey o bien el pantalón corto y la camiseta sean básicamente de algodón, pero que también lleven un porcentaje de fibra sintética. Esta última protege entonces frente a pérdidas calóricas, mientras que el algodón permite captar el calor y el sudor por su porosidad y capacidad de absorción.

En función del objetivo, los ejercicios de fuerza se pueden realizar en posición de estirado, sentado o de pie. Si se requiere la posición de pie, la transmisión de la fuerza se efectúa sobre el suelo a través de los pies. Para conseguir la transmisión óptima de la fuerza o bien para prevenir lesiones a nivel del pie, se recomienda para el entrenamiento de la fuerza el calzado típico de los halterófilos. Este calzado, que existe en el mercado, suele permitir la transmisión de la fuerza de una manera óptima, además de evitar daños en los pies, debido a su elevada estabilidad, acolchado de talones y lengüeta, horma y pala del zapato, etc.

Calentamiento

El incremento del rendimiento (adaptación) que se espera del entrenamiento de la fuerza supone un esfuerzo correspondiente (estimulación) del organismo. Para poder tolerar desde el principio este esfuerzo, el organismo ha de adquirir una mayor disponibilidad para dicho rendimiento.

Esta mayor disponibilidad debe provocar una mayor capacidad de reacción del sistema nervioso central, mayor temperatura muscular y un metabolismo más intenso.

Este último aspecto garantiza una mejor alimentación y absorción de oxígeno y sustancias nutritivas (sustratos energéticos), por ejemplo dióxido de carbono y residuos metabólicos, respectivamente. Una mayor capacidad de reacción del sistema nervioso central, manifestada, por ejemplo, en una mayor conductividad de las vías nerviosas, influye positivamente en la coordinación. Una buena coordinación, a su vez, puede reducir el peligro de lesiones, sobre todo cuando se realizan ejercicios plurisegmentales, como son las sentadillas, press en banca, ejercicios de tracción, etc.

La mayor temperatura corporal o muscular reduce la viscosidad (fricción interna) de la musculatura. Su alcance depende del grado de calentamiento, y éste depende, por su parte, del tipo, intensidad, volumen y duración del mismo. La disminución de la viscosidad muscular incrementa la extensibilidad y la velocidad de contracción de la musculatura. La mayor extensibilidad muscular también reduce el peligro de lesiones y contribuye a la efectividad del entrenamiento.

Observación: Sabiendo que una mayor extensibilidad muscular (preestiramiento del músculo) permite un mayor desarrollo de fuerza, puede iniciarse el trabajo con cargas óptimas inmediatamente después de acabar el calentamiento.

El organismo puede alcanzar una mayor disponibilidad a través de un calentamiento pasivo o activo. Formas pasivas son, por ejemplo, duchas o baños, infrarrojos, friegas con productos que activan la circulación, masajes y concentración mental.

Estas formas pasivas, a pesar de ser factibles en la práctica del entrenamiento (lo que no se puede afirmar, por ejemplo, para masaje, infrarrojos o baño), son menos eficaces que las formas activas. Por esta razón sólo pueden ser consideradas como complemento del calentamiento activo.

En el calentamiento activo distinguimos entre el general y el específico. En el calentamiento general se activan, independientemente de las exigencias específicas de cada deporte, las funciones del corazón, pulmones, circulación y musculatura, con su efecto ya mencionado de intensificar el metabolismo e incrementar la temperatura muscular.

Para conseguir un funcionamiento óptimo se requieren ejercicios que se basan en la intervención de los grandes grupos musculares como las piernas y los brazos, por ejemplo, mediante ejercicios como carreras, saltos, desplazamientos con movimientos de los brazos, saltos con cuerda, etc. El siguiente calentamiento específico se adapta a cada deporte en concreto. En él se realizan sólo ejercicios enfocados a aquellos músculos, grupos musculares y articulaciones que se requieren para alcanzar los objetivos específicos de cada deporte.

Dado que el entrenamiento de la fuerza somete a las articulaciones a

una carga elevada, en el calentamiento específico se han de realizar primero ejercicios con movimientos circulares en cada articulación, empezando con las articulaciones de pies y manos. Sólo después se realizarán los estiramientos necesarios, dado que entonces puede suponerse que –con la parte del calentamiento ya acabada– la temperatura corporal se ha elevado lo suficiente como para disminuir la viscosidad de musculatura y ligamentos, permitiendo excluir lesiones provocadas por los estiramientos.

Además de cumplir los objetivos de «prevenir lesiones y desarrollar mayores fuerzas a base del preestiramiento muscular», los estiramientos también son imprescindibles para evitar una reducción de la flexibilidad causada por el acortamiento muscular.

Higiene

La higiene se entiende como la teoría de la educación de la sanidad. Puesto que éste es un factor esencial para la capacidad de rendimiento físico, también en el deporte se deben tratar contenidos higiénicos como el aseo corporal, la higiene de la vestimenta, el fortalecimiento, los estimulantes y los hábitos.

El aseo corporal

Después del entrenamiento de la fuerza se requiere un aseo de todo el cuerpo. Para ello se presta mejor la ducha. Una ducha elimina restos de sudor, normaliza la temperatura corporal, fomenta la función de la piel y sirve para evitar infecciones en ella y el olor corporal. La eliminación de restos de sudor cobra una importancia especial, porque los ácidos del sudor pueden dañar la piel.

La higiene de la vestimenta

Como ya mencionamos antes, la vestimenta cumple funciones importantes en el entrenamiento de la fuerza, como, por ejemplo, la absorción del sudor, la permeabilidad con respecto al aire, etc. Pero esto sólo es posible si la ropa está limpia (un equipo sudado no es ni absorbente ni permeable).

El fortalecimiento

El fortalecimiento se entiende como la capacidad del organismo de reaccionar rápida y adecuadamente frente a los cambios de las condiciones climáticas. Esta capacidad les falta a muchos deportistas de interior que entrenan siempre en las mismas condiciones de temperatura, a diferencia de los deportistas de aire libre, cuyo organismo se adapta siste-

máticamente a los cambios en las condiciones climáticas a través del entrenamiento constante al aire libre. Ello se manifiesta en que los deportistas de interior no son capaces de compensar temperaturas exteriores bajas cuando salen al exterior. Al final del entrenamiento de la fuerza, muchos deportistas no disponen de suficientes reservas energéticas para poder compensar un cambio de temperatura, ya que un entrenamiento eficaz de la fuerza exige mucho de la energía almacenada en el cuerpo. Así se explica también su facilidad para contraer resfriados.

Para volverse menos susceptibles a los resfriados o bien para incrementar el fortalecimiento, se recomienda a los deportistas que combinen el entrenamiento de la fuerza con medidas como sauna, baños alternos, duchas frías o la natación.

El sol artificial

La aplicación de rayos UV tiene un efecto activador para el metabolismo y por eso es positiva para la regeneración. Este efecto se puede incluso incrementar con la aplicación simultánea de rayos infrarrojos, debido al aumento de la irrigación del tejido. (La razón de ello es el gran efecto calórico de los rayos infrarrojos.) Una consecuencia del calor es, a su vez, la eliminación de ligeras distensiones musculares; los rayos UV, además, pueden mejorar el efecto del entrenamiento influyendo positivamente en el sistema hormonal.

La sauna

La sauna garantiza un incremento de la circulación a nivel de todo el cuerpo, lo que supone una eliminación más rápida de los productos residuales y de la fatiga. Puesto que estos productos son una posible causa de las «agujetas», resulta que la sauna también reduce la aparición de las mismas. El empleo regular de la sauna incrementa además la resistencia del organismo frente a los resfriados. Pero no se debe utilizar en caso de catarro o enfermedad inflamatoria aguda. Igualmente debe prescindirse de la sauna 24 horas antes de una competición. La medicina general recomienda la sauna con tres sesiones de 8 a 12 minutos cada una, y una vez por semana. No obstante, no se observaron inconvenientes en atletas de élite que practicaron diariamente la sauna entre dos sesiones de entrenamiento a lo largo de varios años. Pero en estos casos sólo se realizaron sesiones de sauna de 5-6 minutos de duración.

En las sesiones de sauna se pierden vitaminas hidrosolubles, electrolitos y minerales que se eliminan con el sudor. Como estas pérdidas suelen disminuir el rendimiento, se recomienda después de la sauna la ingestión de bebidas ricas en vitaminas, electrolitos y minerales. La industria alimentaria del deporte ofrece las correspondientes bebidas.

En todos los casos de varias sesiones diarias de entrenamiento se re-

comienda aplicar entre ellas una de las medidas regenerativas que acabamos de mencionar para incrementar su eficacia y para reducir los peligros de lesión.

Los hábitos

El hábito más importante para el deportista de fuerza es el sueño, puesto que el entrenamiento de la fuerza no sólo produce cansancio en la musculatura esquelética sino también en el sistema nervioso central y periférico. El grado de cansancio de la musculatura esquelética, del sistema nervioso central y otros sistemas depende de la carga (intensidad y duración).

El medio esencial para eliminar el cansancio del sistema nervioso central es el sueño nocturno. Las cargas elevadas requieren un sueño más prolongado que otras más bajas. Para el entrenamiento de la fuerza hemos de partir del hecho de que se necesita un sueño nocturno de 8-10 horas, en función del volumen, la intensidad y la duración del entrenamiento, para conseguir una recuperación completa. Los síntomas habituales del sueño insuficiente son la disminución de concentración, reacción y coordinación, agresividad y «falta de fuerza».

El sueño puede resultar perturbado por una cena tomada demasiado tarde, estimulantes como el alcohol, el café o el té, o ingestión excesiva de líquidos.

Para evitar interferencias en el sueño, el deportista ha de abstenerse de cenas «pesadas», estimulantes como el café o el alcohol, durante las dos horas anteriores al sueño nocturno.

Los estimulantes

Desgraciadamente, podemos encontrar siempre a deportistas de élite que aprovechan cualquier posibilidad para aumentar su rendimiento y que justamente consumen estimulantes que reducen el rendimiento. A los estimulantes que son especialmente negativos para el rendimiento pertenecen la nicotina y el alcohol.

La nicotina

Los efectos del consumo de nicotina se manifiestan, por ejemplo, en el estrechamiento de los vasos sanguíneos de la piel, incrementos de la presión sanguínea, disminución de la capacidad para absorber oxígeno, etcétera.

El consumo de nicotina puede producir a largo plazo enfermedades pulmonares, estomacales y circulares y perturbaciones de la irrigación de las piernas.

El alcohol

Las consecuencias del consumo de alcohol son la falta o la sobrevaloración de la autoconciencia, y la disminución de la concentración, la reacción y la coordinación.

A largo plazo, el consumo de alcohol puede provocar enfermedades metabólicas (por ejemplo, daños a nivel del hígado) y perjudicar el sistema nervioso central. Se ha de evitar el consumo de alcohol cuando se entrena la fuerza, puesto que el elevado metabolismo proteico del entrenamiento ya incide mucho sobre el hígado. Pero esto no significa que se deba prescindir totalmente del alcohol. Después del entrenamiento fuerte se puede incluso recomendar el consumo de una o dos cervezas, puesto que la cerveza tiene un efecto tranquilizante, fomenta el sueño y permite recuperar a corto plazo las pérdidas de hidratos de carbono.

No obstante, para mantener o desarrollar un rendimiento óptimo se desaconseja el consumo regular de nicotina y alcohol.

Medidas regenerativas

Para conseguir las adaptaciones correspondientes a las cargas se necesitan fases de recuperación. La finalidad de la fase de recuperación es la restauración por encima del nivel inicial de los sistemas corporales implicados. Éstos son, en el entrenamiento de la fuerza, sobre todo el sistema nervioso central, las reservas energéticas y la musculatura. Siguiendo las experiencias de la práctica deportiva, hace falta un descanso de 24 horas para alcanzar una restauración completa; por ejemplo, para volver a llenar los almacenes energéticos (ATP, fosfato de creatina, glucógeno), resintetizar las estructuras proteicas o para equilibrar las pérdidas en electrolitos.

Al no respetar suficientemente las fases correspondientes de recuperación impedimos una regeneración completa, y se producirá una disminución del rendimiento y posibles lesiones.

Los procesos de regeneración se pueden apoyar o acelerar mediante una serie de diferentes medidas. Ello tiene vigor sobre todo para el deporte de élite, en el que muchas veces no se puede realizar la fase necesaria de recuperación debido a la acumulación de varias sesiones diarias de entrenamiento.

Estas medidas son sobre todo de índole práctico-deportiva, fisioalimenticia y fisioterapéutica.

Las medidas práctico-deportivas

Carrera final suave

La mayor actividad circulatoria en la fase de carrera suave después de la aplicación de las cargas produce una eliminación más rápida de los

residuos metabólicos, un intercambio de gases más intenso (absorción de oxígeno y liberación de dióxido de carbono) y una reposición más rápida de los productos nutritivos a nivel de las células musculares. La carrera final suave no sólo ayuda a una regeneración más rápida, sino que también evita agujetas demasiado fuertes, dado que éstas son causadas en parte por la acumulación de los residuos metabólicos.

La natación

La natación ejerce por un lado un efecto relajante sobre el aparato locomotor y, por otro, fomenta la corriente linfática y la circulación venosa de retorno de la sangre. No obstante, hay que abstenerse de formas de nadar que cansen (natación de rendimiento) y de nadar a temperaturas por debajo de 26° C.

Las medidas fisioterapéuticas

El masaje

En función de las diferentes finalidades se practican distintas formas de masaje. En relación a la regeneración nos interesa aquí el masaje regenerativo, con su efecto sobre la corriente linfática y sanguínea y sobre la musculatura. El masaje regenerativo ha de enfocarse, igual que la carrera final suave, hacia la aceleración de la circulación sanguínea y de los líquidos, lo que implica una mayor eliminación de los residuos metabólicos o bien el intercambio más intenso de los gases, y además la eliminación de distensiones musculares, dolores, rigidez, cansancio e incapacidad para el rendimiento.

El masaje regenerativo se puede realizar de forma manual o con aparatos vibradores. Este último método tiene un efecto claramente menor en el incremento de la circulación que el masaje manual clásico. El masaje también puede constituir un complemento para el calentamiento en el entrenamiento de la fuerza, ya que el incremento de la irrigación y sus efectos constituyen igualmente una consecuencia esencial del mismo.

Las medidas fisioalimentarias

Se trata sobre todo del suministro correspondiente de vitaminas, electrolitos, hidratos de carbono y proteínas con el fin de eliminar situaciones de carencia o para reabastecer los almacenes energéticos.

Alimentación

La alimentación se entiende como el suministro óptimo de productos nutritivos como proteínas, hidratos de carbono, grasas, agua, vita-

minas y minerales para satisfacer las necesidades del cuerpo. Los procesos de disociación y transformación de sustratos, desde los productos nutritivos y el oxígeno, en energía, nuevas células corporales, hormonas y enzimas se llama metabolismo. Principalmente se distingue entre metabolismo energético y constructivo. La finalidad del metabolismo energético es la aportación de la energía necesaria para las funciones vitales o bien para las actividades cotidianas, profesionales y deportivas; la finalidad del metabolismo constructivo radica en la construcción de las nuevas células corporales.

Los sustratos del metabolismo son en primer lugar los hidratos de carbono y las grasas; las proteínas tienen una importancia secundaria para la consecución de energía. El organismo sólo se sirve de las proteínas cuando no dispone de suficientes hidratos de carbono y grasas.

Los sustratos del metabolismo constructivo son las proteínas. Éstas no son sustituibles, ya que no se pueden transformar como, por ejemplo, los hidratos de carbono en grasas y viceversa. Diferentes estudios han demostrado que la cantidad de proteínas de 1 g por kg de peso corporal, ingerida con una dieta variada, no permite al organismo una síntesis adicional de proteínas.

Las proteínas

Para un entrenamiento eficaz de la fuerza en relación al **desarrollo muscular**, es imprescindible que el cuerpo disponga de una cantidad suficiente de hidratos de carbono y de grasas, aparte de una mayor cantidad de proteínas, para que exista un balance energético equilibrado sin tener que quemar proteínas, puesto que éstas se necesitan para la construcción celular o bien muscular.

La mayor cantidad de proteínas consiste en un suministro diario de 1,5-2 g por kg de peso corporal, según cada deporte. Quienes practican deportes que requieren mucha fuerza (debido a una mayor intensidad y frecuencia de entrenamiento) necesitan también más proteínas. Ese incremento de 0,5-1 g se debe cubrir con más alimentos proteicos como queso fresco, huevos, bistecs, etc., o mediante concentrados proteicos. Para descargar el aparato digestivo se recomienda elegir los concentrados proteicos de los productores especializados en alimentos deportivos, puesto que estos concentrados suelen ofrecer una relación óptima entre los aminoácidos (partes esenciales de las proteínas) necesarios para la construcción celular o muscular.

La calidad biológica de las proteínas depende del número de aminoácidos esenciales, por ejemplo, glutamina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofanina y valina.

Diferenciamos entre proteínas animales y vegetales. Las proteínas animales tienen mayor valor para el hombre que las vegetales. Igualando el valor de la proteína animal a 100 %, el de la proteína vegetal se situará en el 50 %.

La relación entre proteína animal y vegetal en caso de su suministro adicional debería ser de 3:2 o mejor de 2:1, es decir, que se deberían mezclar concentrados puros de proteína animal con la vegetal. Luego se deben suministrar adicionalmente proteínas también antes del entrenamiento y no sólo después. Razón: Las estructuras proteicas destruidas por el entrenamiento no se renovarán sólo después del entrenamiento, sino también durante el mismo. Pero esto supone un suministro correspondiente de proteínas ya antes del entrenamiento.

Los **procesos metabólicos**, la transformación de sustratos en energía, la reducción de residuos, etc., resultan acelerados con catalizadores como las vitaminas y enzimas. Los catalizadores incluidos en una dieta variada suelen ser suficientes para un consumidor normal. El deportista, sin embargo, necesita más catalizadores por su mayor metabolismo y por la hidrosolubilidad de algunas vitaminas (que se eliminarán más con la transpiración corporal).

Las vitaminas y las enzimas

Las vitaminas que intervienen en el metabolismo son las vitaminas A, E, B1, B2, B6, B12 y C. Las vitaminas B (Complejo B) tienen especial importancia para los deportistas que entrenan la fuerza; también por su efecto sobre el sistema nervioso central. Las enzimas bromelaina y pepsina son importantes para un mejor metabolismo y aprovechamiento de la albúmina.

En el deporte de fuerza se ingieren diariamente las siguientes vitaminas y enzimas para cubrir las necesidades superiores: una cápsula de multivitamina, una cápsula del complejo vitamínico-B (forte) antes y después del entrenamiento de la fuerza, y un comprimido de enzimas digestivas conjuntamente con el primer concentrado de proteínas.

Los minerales

Los llamados minerales tienen especial importancia como activadores del metabolismo, para la función de las células nerviosas, para la excitabilidad de los músculos, para el desarrollo óseo y para evitar rampas y lesiones musculares. En el ámbito del entrenamiento de la fuerza se trata sobre todo de los minerales calcio, potasio, sodio y magnesio. Para cubrir el mayor desgaste (ya sólo por pérdidas a causa de la transpiración) se recomienda utilizar los preparados de minerales ofrecidos por los productores de alimentos deportivos.

Capítulo 6

Programas de entrenamiento de la fuerza

Programas de acondicionamiento físico

Explicación del programa

Los programas de acondicionamiento físico se dividen en:

- un programa sin aparatos para la 1.^a-4.^a semana de entrenamiento, y
- un programa con aparatos para la 5.^a-12.^a semana de entrenamiento.

1.^a-4.^a semana

Objetivo: mejora de la fuerza-resistencia.

Frecuencia de entrenamientos: 2-3 por semana.

Repeticiones: según indicación (número superior de la tabla), a realizar un ejercicio tras otro sin descansos.

Series (número inferior de la tabla): según indicación.

Descansos entre las series: 1-2 minutos.

Realización: Ejercicio 1 (= 8 x) primera serie -descanso- ejercicio 1 segunda serie -descanso- luego ejercicio 2 con todas sus series, etcétera.

5.^a-12.^a semana

Objetivo: desarrollo muscular.

Frecuencia de entrenamientos: 2-3 por semana.

Repeticiones: según indicación, sin descansos.

Series: según indicación.

Descansos entre las series: 1-2 minutos.

Realización: siguiendo las unidades de ejercicios, es decir, realizar todos los ejercicios dedicados a una zona muscular, o sea: ejercicio 1 primera serie -descanso- ejercicio 1 segunda serie -descanso- ejercicio 1 tercera serie -descanso- luego los ejercicios 2 y 3 sin descansos uno tras otro -descanso-; etc.

Tabla 16. Programa de acondicionamiento físico sin aparatos para la 1.^a-4.^a semanas.

Zona muscular	Ejercicio	Foto número	Semana de entrenamiento			
			1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a
Complejo (primordialmente: hombros/brazos)	Flexión extensión de brazos en posición decúbito prono		8 2	10 3	8 4	10 4
Caderas/piernas	Sentadillas		15 2	20 3	15 4	20 4
Vientre	Flexión carpada de abdominales	10h	8 2	10 3	8 4	10 4
Espalda	Elevación de las caderas		8 2	10 3	8 4	10 4
Vientre	Situps (flexión abdominal)	10g	8 2	10 3	8 4	10 4

Tabla 17. Programa de acondicionamiento físico con aparatos para la 5.^a-12.^a semanas

Zona muscular	Ejercicio	Foto N.º	Semana de entrenamiento							
			5	6	7	8	9	10	11	12
Caderas / piernas	Sentadillas	1c	8-12 en cada una de las semanas a partir de la sem. 9. ^a							
Pecho / deltoides	Mariposa	12a	8-12 en cada una	Aumentos a través de mayor intensidad, es decir, de la carga de las halteras						
Cintura escapular	Retroversión dinámica de los brazos hasta posición angulada	13c	3	4	5	5				
Vientre	Situps	10a	8 3	8 4	8 5	10 5				
Espalda	Elevación del tronco	9b	12 en cada una							
Bíceps	Ejercicio para bíceps	17a	3	4	5	5				
Tríceps	Ejercicio para tríceps	18a	12 en cada una							

La cantidad de peso

El peso de las mancuernas se ha de escoger de forma que se permitan 8-12 repeticiones (corresponde a una carga del 40-60 %, aproximadamente).

Si se pueden realizar más de 12 ejercicios, el peso resulta demasiado ligero; si se pueden realizar sólo menos de 8 repeticiones, el peso es excesivo (partiendo en cada caso de la última serie realizada).

Programas para entrenar la fuerza máxima

Explicación del programa

Los programas para la fuerza máxima se dividen en:

- un programa para el desarrollo muscular para la 1.^a-8.^a semana de entrenamiento, y
- un programa para la mejora de la coordinación intramuscular para la 9.^a-13.^a semana de entrenamiento.

1.^a-8.^a semana: desarrollo muscular

Frecuencia de entrenamientos: 2-3 por semana.

Repeticiones: 8-12 series, según indicaciones.

Descansos entre las series: 1-2 minutos.

Realización: entrenar por zonas musculares, por ejemplo, ejercicios 1 y 2, uno tras otro, y todas las series, luego ejercicios 3 y 4 juntos, etc.

Velocidad de ejecución: lenta.

La cantidad de peso

Las pesas de las mancuernas o bien de las máquinas multiestaciones se han de escoger de forma que se permitan 8-12 repeticiones. Si se pueden realizar menos de 8, el peso es excesivo, y con más de 12, el peso es demasiado ligero (siempre referente a la última serie) y se debe corregir. Observación para la práctica: empezar en la primera sesión de entrenamiento (SE) con 10 kg, por ejemplo, suponiendo que se puedan realizar 12 repeticiones con esos 10 kg. Si en la SE 3 se pueden realizar 14 repeticiones, incrementamos el peso en 1,25 kg (que sólo nos permitirá unas 9 repeticiones, pero que son suficientes). Si después de algunas SE resultan de nuevo más de 12 repeticiones, repetimos el procedimiento.

5.^a-13.^a semana: mejora de la coordinación intramuscular

Frecuencia de entrenamientos: 2-3 por semana.

Repeticiones: según indicaciones.

Tabla 18. Programa de fuerza máxima para deportistas de rendimiento para las semanas 1.^a-8.^a desarrollo-muscular.

Zona muscular	Ejercicio	Foto N.º	Semana de entrenamiento							
			1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
Cuadriceps	Extensión de la pierna	3a	8-12 3-4	8-12 4	8-12 4-5	8-12 5	8-12 5-6	8-12 6	8-12 6	8-12 6
Bíceps femoral	Flexión de la pierna	5a								
Gemelos	Extensión del pie	6a								
Pantorrilla	Flexión del pie	8a								
Vientre	Situps	10a								
Espalda	Elevación del tronco	9b								
Vientre	Situps con giro del tronco	11a			las repeticiones y series indicadas son válidas para todos					
Pecho	Mariposa	12a								
Deltoides	Elevación lateral del brazo	13a								
Trapezio	Elevación de los hombros	14a								
Dorsal ancho	Tracción desde banca	15a								
Bíceps	Ejercicio de bíceps	17b								
Tríceps	Ejercicio de tríceps	18a								
Flexores de la mano	Flexiones en la muñeca	19c								
Extensores de la mano	Extensión de la muñeca	19c								

Series: 4 al principio de la 1.^a SE, aumentando a 6 en la 13.^a semana. Descansos entre las series: 1-2 minutos.

Realización: cada ejercicio con halteras siguiendo el orden.

Intensidad de las cargas: 70-75 % en la 9.^a semana, aumentando hasta el 95 % en la 13.^a semana.

Se han de tener en cuenta las fases de recuperación, que no se reflejan en los programas, puesto que aquí sólo se indica el número de repeticiones de las series.

Tabla 19. Programa de fuerza máxima para deportistas de rendimiento para las semanas 9.^a-12.^a/13.^a - mejora de la coordinación intramuscular.

Zona muscular	Ejercicio	Foto N.º	Semana de entrenamiento				
			9 ^a 70-75 %	10 ^a 75-80 %	11 ^a 80-85 %	12 ^a 85-90 %	13 ^a 90-95 %
Compleja	Arrancadas estiradas (halterofilia)		6-5 4	5-4 4-5	4-3 5	3-2 5-6	2-1 6
Cintura escapular / brazos	Press desde banca	12c	6-5 4	5-4 4-5	4-3 5	3-2 5-6	2-1 6
Cintura escapular / brazos	Tracción desde banca	15e	6-5 4	5-4 4-5	4-3 5	3-2 5-6	2-1 6
Cadera / piernas	Sentadillas	1d	6-5 4	5-4 4-5	4-3 5	3-2 5-6	2-1 6
Espalda	Elevación del tronco	9c	60-65 % 8-7 4	65 % 7 4-5	65-70 % 7-6 5	70 % 6 5-6	70-75 % 6-5 6
Vientre	Situps	10d	50-55 % 12-10 4	55 % 10 4-5	55-60 % 10-8 5	60 % 8 5-6	60-65 % 8-6 6

Tabla 20. Programa de fuerza explosiva para deportistas de rendimiento. Zonas musculares: tronco-hombros-brazos. Deportes/modalidades: lanzadores, jugadores, halterófilos, esquiadores alpinos, esgrimistas, yudocas, etc.

Período de entrenamiento	Sesiones de entrenamiento (SE) semanales	Ejercicios (con peso) ¹
Período preparatorio II	1x	10 x lanzamiento desde atrás por encima de la cabeza o 10 x lanzamiento desde atrás por encima de la cabeza
Período de competiciones I y II	1-2x	10 x lanzamiento desde parado izquierdo 10 x lanzamiento desde atrás por encima de la cabeza 10 x lanzamiento desde parado derecha 10 x lanzamiento desde atrás por encima de la cabeza Lanzamientos en tracción

1. Del peso: 2-7 kg (en función de edad y nivel de rendimiento).

Observaciones acerca de los diferentes deportes

Basándose en el programa completo para el desarrollo muscular de la tabla 18 o bien en el programa para la coordinación intramuscular de la tabla 19, para cada deporte se seleccionan sistemáticamente aquellas áreas requeridas a nivel muscular-funcional (véase también la tabla 6). Como máximo se entrenarán 4 áreas (= 6 - 9 ejercicios) en una misma sesión de entrenamiento.

Tabla 21. Programa de fuerza explosiva para deportistas de rendimiento. Zonas musculares: cadera-piernas. Deportes/modalidades; saltadores, velocistas, jugadores, halterófilos, esgrimistas, esquiadores alpinos, etc.

Período de entrenamiento	SE por semana	Salto en cuclillas/saltos sobre una o ambas piernas	Salto bajo con una o ambas piernas desde 60-110 cm de altura
Período preparatorio (PP) II, 1.ª semana	1-2x	80 saltos: 6 x 5 saltos con ambas piernas 5 x 5 saltos con pierna izquierda 5 x 5 saltos con pierna derecha	
PP II, 2.ª semana	1-2x	110 saltos: 6 x 5 saltos con ambas piernas 5 x 5 saltos con pierna izquierda 5 x 5 saltos con pierna derecha 6 x 5 saltos con ambas piernas	
PP II, 3.ª semana	1-2x	120 saltos: 6 x 5 saltos con ambas piernas 6 x 5 saltos con pierna izquierda 6 x 5 saltos con pierna derecha 6 x 5 saltos con ambas piernas	
PP II, 4.ª semana	1-2x	150 saltos: 6 x 5 saltos con ambas piernas 6 x 5 saltos con pierna izquierda 6 x 5 saltos con ambas piernas 6 x 5 saltos con pierna derecha 6 x 5 saltos con ambas piernas	
Período de competiciones I (PC), 1.ª-4.ª semana	1 por cada una	150 saltos: como 4.ª semana PP II	60 saltos: 6 x 10
PC II, 1.ª-2.ª semana	2x		60 saltos: 6 x 10
PC II, 3.ª semana	2x		100 saltos: 10 x 10
PC II, 4.ª semana	2x		36 saltos: 6 x 6

Bibliografía

- BÄUMLER, G., SCHNEIDER, K., *Sportmechanik*, BLV sportwissen, Munich, 1982. (*Biomecánica deportiva*, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1989.)
- BAUMANN, S., ZIESCHANG, K., *Praxis des Sports*, BLV Sporthandbuch, Munich, 1979.
- BÜHRLE, M., SCHMIDBLEICHER, D., «Der Einfluss von Maximalkrafttraining auf die Bewegungsschnelligkeit», en *Leistungssport*, 7 (1977), 3-10.
- GANONG, W. F., *Lehrbuch der Physiologie*, Berlín, 1979.
- GROSSER, M., NEUMAIER, A., *Techniktraining*, BLV sportwissen, Munich, 1982. (*Técnicas de entrenamiento*, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1986.)
- GROSSER, M., STARISCHKA, St., *Konditionstests*, BLV sportwissen, Munich 1981. (*Test de la condición física*, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1988.)
- GROSSER, M., STARISCHKA, St., ZIMMERMANN, E., *Konditionstraining*, BLV sportwissen, Munich, 1983.
- HOLLMANN, W., HETTINGER, Th., *Sportmedizin -Arbeits- und Trainingsgrundlagen*, Stuttgart, Nueva York, 1980.
- HOPPE, W. y cols., *Biophysik*, Berlín, 1977.
- JAKOWLEW, N. N., *Sportbiochemie*, Leipzig, 1977.
- LEHNINGER, P., *Biochemie*, Weinheim, Nueva York, 1979.
- MADER, A. y cols., «Simulative Berechnungen der dynamischen Änderungen von Phosphorylierungspotential, Laktatbildung und Laktatverteilung beim Sprint», en *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 1, (1983), 14-22.
- NOLTE, V., «Die Rudertechnik», en *Rudesport, Trainerjournal* 78, 34 (1982), I-XII.
- NOWACKI, P., BÖHMER, D., *Sportmedizin*, Stuttgart, 1980.
- ROHEN, J. W., *Funktionelle Anatomie des Nervensystems*, Stuttgart, 1978.
- SCHMIDBLEICHER, D., *Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit*, Bad Homburg, 1980.

Índice

- SCHMIDTBLEICHER, D., GOLLHOFER, A., «Neuromuskuläre Untersuchungen zur Bestimmung individueller Belastungsgrößen für ein Tiefsprungtraining», en *Leistungssport*, 12 (1982), 298-307.
- SCHÜTZ, E., CASPERS, H., SPECHMANN, E., *Physiologie*, Munich, 1978.
- SPITZ, L., PIETKA, L., *Die Technik des Reissens. Lehrausschuss Bundesverband Deutscher Gewichtheber*, tabla 1, 1980.
- SWATLAND, H.J., «Analysis of Growth in a Complex Muscle», en *Growth*, 44 (1980), 139-146.
- WILLIAMS, P., GOLDSPIK, G., «Longitudinal Growth of Striated Muscle Films», en *Journal Cell Science*, 9 (1971), 751-767.
- ZACIORSKIJ, V. M., «Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers», en *Sonderheft aus Theorie und Praxis der Körperkultur* (1977).

Introducción	7
1. Los fundamentos de la fuerza muscular	11
La relación entre la fuerza y el rendimiento deportivo	11
¿Qué significa la fuerza para el deporte?	11
¿Qué es el rendimiento deportivo?	12
Ejemplos de la intervención de la fuerza en el rendimiento deportivo	13
Los fundamentos biológicos de la fuerza	16
La relación entre el movimiento y la musculatura	16
La estructura de las fibras del músculo esquelético	17
El control de los impulsos nerviosos que activan la contracción muscular	24
Las fuentes energéticas y la regeneración	45
Los aspectos físicos de la fuerza	49
La fuerza como magnitud física	49
Ejemplos práctico-deportivos	49
La relación entre la masa corporal y el incremento de la fuerza	51
Otros aspectos concretos de la mecánica	53
La forma de manifestarse de la fuerza	59
La fuerza de base	59
Contracciones dinámicas y estáticas	60
Aplicaciones prácticas	62
La fuerza en relación con el sexo y la edad	68
La fuerza en relación con el sexo	68
La fuerza en las edades infantil y juvenil	69
2. Músculos, funciones y ejercicios de fuerza	75
Sistemáticas de la musculatura	75
Músculos funcionales y ejercicios de fuerza	77
Descripción funcional	77
Tablas sistemáticas	84
Selección de ejercicios de fuerza y consejos prácticos	97

3. Tipos y métodos del entrenamiento de la fuerza	102
Introducción	102
Los tipos de fuerza correspondientes a cada deporte	102
<i>El entrenamiento general de la fuerza</i>	103
<i>El entrenamiento específico de la fuerza</i>	104
<i>El entrenamiento adecuado para cada deporte</i>	105
El entrenamiento de la fuerza máxima	106
<i>El entrenamiento para el desarrollo muscular</i>	107
<i>El entrenamiento de la coordinación intramuscular</i>	108
<i>El entrenamiento combinado</i>	111
El entrenamiento de la fuerza explosiva	113
El entrenamiento de la fuerza-resistencia	115
<i>La fuerza-resistencia a corto plazo</i>	116
<i>La fuerza-resistencia a medio plazo</i>	116
<i>La fuerza-resistencia a largo plazo</i>	119
Métodos complementarios de entrenamiento	119
<i>El método de la contracción excéntrica</i>	119
<i>Métodos de contracción isométrica</i>	121
<i>Entrenamiento isocinético</i>	123
<i>El método transitorio</i>	123
4. La planificación del entrenamiento de la fuerza	125
¿Qué es la planificación del entrenamiento?	125
<i>Definición</i>	125
<i>Elementos intrínsecos</i>	125
<i>Factores de planificación</i>	127
La adaptación biológica	129
Planificación de las variables de la adaptación	130
<i>El principio de la relación óptima entre carga y recuperación</i>	130
<i>El principio del incremento progresivo de la carga</i>	135
<i>El principio del incremento discontinuo de la carga</i>	136
<i>El principio de la versatilidad de las cargas</i>	137
La planificación de los mecanismos de la adaptación	138
<i>Los principios de repetición y continuidad</i>	138
<i>El principio de la periodización</i>	138
Planificación de la adaptación específica	145
5. Medios y condiciones de entrenamiento	146
Medios de entrenamiento	146
<i>El propio cuerpo</i>	146
<i>Plinto</i>	148
<i>Balón medicinal</i>	148
<i>Extensores</i>	149
<i>Zapatos con pesas</i>	150
<i>Chaleco de arena</i>	150
<i>Saco de arena</i>	151

<i>Mancuernas</i>	151
<i>Halteras</i>	152
<i>Máquinas multiestaciones</i>	152
<i>Aparatos de electroterapia</i>	155
Condiciones de entrenamiento	155
<i>Vestimenta</i>	155
<i>Calentamiento</i>	156
<i>Higiene</i>	158
<i>Medidas regenerativas</i>	161
<i>Alimentación</i>	162
6. Programas de entrenamiento de la fuerza	165
Programas de acondicionamiento físico	165
Programas para entrenar la fuerza máxima	167
Bibliografía	171