



TEORÍA Y METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

Prof. Yuri Verkhoshansky



**EDITORIAL
PAIDOTRIBO**

COLECCIÓN ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

TEORÍA Y METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

Por

Prof. Yuri Verkhoshansky



This One



TKKK-0Y9-0TJD

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

Traducción: Gabriel Dols
Manuel Pombo

Revisor Técnico: Manuel Pombo

© 2002, Yuri Verkhoshansky
Editorial Paidotribo
Consejo de Ciento, 245 bis, 1.^{er} 1.^{er}
08011 Barcelona
Tel. 93 323 33 11– Fax. 93 453 50 33
<http://www.paidotribo.com>
E-mail: paidotribo@paidotribo.com

Primera edición:
ISBN: 84-8019-612-2
Fotocomposición: Editor Service, S.L.
Diagonal, 299 – 08013 Barcelona
Impreso en España por A & M Grafic

Índice

3

Del autor, 7

Introducción a la teoría y metodología del entrenamiento deportivo, 9
Introducción a la primera parte, 27

Parte 1. CARACTERÍSTICAS BIOMECÁNICAS DEL SISTEMA

<u>LOCOMOTOR DEL DEPORTISTA.....</u>	<u>29</u>
<u>1 Biomecánica de los movimientos del deportista</u>	<u>31</u>
<u>2 Mecanismos de trabajo del sistema locomotor del ser humano</u>	<u>47</u>
<u>3 Sistemas energéticos en el trabajo muscular.....</u>	<u>59</u>
<u>4 Estructura morfológica y propiedades funcionales de los músculos esqueléticos</u>	<u>71</u>
<u>5 Regímenes de trabajo muscular.....</u>	<u>87</u>

Parte 2 ORGANIZACIÓN DE LA ACCIÓN

MOTORA COMPLEJA	95
6 Estructura psicomotriz de la acción motora compleja	97
7 Estructura biodinámica del ejercicio deportivo	111
8 Técnica deportiva y maestría deportivo-técnica.	119
9 Particularidades del perfeccionamiento de la maestría técnica en diferentes modalidades deportivas	129

4

Parte 3 CAPACIDAD ESPECIAL DE TRABAJO

DEL DEPORTISTA.....	145
10 Particularidades del funcionamiento del organismo humano durante la actividad deportiva.....	147
11 Leyes de la especialización morfológica del organismo durante el proceso de entrenamiento a largo plazo	155
12 Rapidez de las acciones motoras	171
13 Velocidad de los movimientos y desplazamientos deportivos.....	181
14 Actividad postural	229

Indice

Parte 4 CAPACIDADES MOTORAS DEL HOMBRE237

15 Formas generales de las capacidades motoras
del deportista241

16 Capacidades de coordinación.....245

17 Capacidades de fuerza.....253

18 Resistencia.....277

5

Conclusión.....311

Bibliografía.....347

Del autor

7

Para la presente obra se ha aprovechado la experiencia del autor como entrenador de atletismo, los resultados de sus muchos años de estudios en el campo de la biomecánica y la fisiología del ejercicio deportivo, en especial en el ámbito de la preparación de deportistas, las teorías sobre el trabajo y entrenamiento deportivos que ha venido aplicando en el Laboratorio de Investigaciones Científicas para la Programación del Entrenamiento y la Fisiología del Trabajo Deportivo y los contenidos de los cursos que ha impartido en el Instituto Central de Cultura Física de Moscú y en una serie de universidades extranjeras, así como su experiencia como entrenador y asesor de los equipos nacionales de la antigua Unión Soviética y otros países.

El libro consta de cuatro partes:

- 1 Características biomecánicas del sistema locomotor del deportista
- 2 Organización de la acción motora compleja
- 3 Capacidad especial de trabajo del deportista
- 4 Capacidades motoras del hombre

Las cuatro forman una sucesión lógica en la que los materiales de cada nuevo capítulo que las confirman se basan en lo expuesto en los ante-

riores. En su conjunto proporcionan una explicación detallada de los principales problemas de la actual teoría y metodología científica del entrenamiento deportivo. Al mismo tiempo, cada una de ellas supone por sí misma un manual metodológico sobre su correspondiente apartado del sistema de entrenamientos deportivos.

El lector encontrará en ellas los conocimientos imprescindibles para cualquier entrenador profesional de hoy en día, así como consejos y recomendaciones sobre cómo llevar a la práctica esos conocimientos.

Yuri Verkhoshansky, Doctor en Medicina
profesor, académico,
miembro en activo
de la Academia Internacional
de Informatización,
miembro de la Asociación
Internacional de Ciencias
del Deporte

Introducción a la teoría y metodología del entrenamiento deportivo

La teoría y metodología del entrenamiento deportivo han llegado al final de la etapa empírica de su formación –pasando naturalmente para la etapa de las ciencias aplicadas. Su desarrollo actual se basa en el fundamento científico objetivo, corrigiendo los errores del pasado y las diferentes especulaciones y teorías, usando los hechos y las suposiciones dudosas.

Características contemporáneas del desarrollo deportivo

La etapa contemporánea de desarrollo del deporte posee ciertas características que ejercen una gran influencia en la organización de la preparación y del entrenamiento de los deportistas, determinando para el entrenador nuevas tareas y exigencias más complejas, las cuales estimulan la búsqueda de formas muchas veces diferentes de las tradicionales en lo que concierne a la organización del proceso de entrenamiento.

1. El aumento del nivel deportivo de los actuales atletas implica un perfeccionamiento tanto de los sistemas de preparación de los deportis-

tas de alto nivel, como todo el sistema de organización metodológica del entrenamiento a largo plazo.

2. El resultado de la lucha competitiva depende de las exigencias de la calidad, estabilidad y seguridad de un alto nivel técnico y táctico, preparación moral, volitiva y una estabilidad psicológica de los deportistas durante todas las competiciones.
3. Los deportistas cualificados alcanza un nivel tan alto que su superación se vuelve una tarea muy compleja. Es necesario buscar medios para aumentar la eficacia de la preparación física especial y racionalizar el sistema de formación del proceso de entrenamiento en general.
4. Crecen considerablemente los volúmenes de carga de entrenamiento; por ejemplo, durante el año, el número de días de entrenamiento es de 200 a 330 como media, y se realizan de 200 a 650 sesiones, haciendo un total de 700 a 1.400 horas. Por eso, ha surgido un problema en la distribución racional de la carga de entrenamiento durante el ciclo anual y sus etapas. El problema consiste en encontrar las correlaciones más eficaces de las cargas con diferente orientación y, también, las nuevas formas de organización del entrenamiento que buscan las condiciones racionales para la realización completa de las capacidades de adaptación del organismo en base a una interrelación entre los gastos y la recuperación de los recursos energéticos.
5. Se han desarrollado nuevos tipos de material deportivo, como aparatos de entrenamiento, ropas. Según los datos de los especialistas rusos, en los últimos 20-25 años el deporte ha sufrido más cambios que en los últimos 80 años. Esto ha llevado a la alteración de la metodología del entrenamiento deportivo de la técnica, las reglas, los reglamentos y las condiciones para la realización de las competiciones, acelerando el ritmo de los resultados y permitiendo la solución de muchos problemas técnicos y metodológicos de la preparación de los deportistas que tienen un nivel de élite.
6. La identificación de la eficacia del entrenamiento ha condicionado la elaboración y el uso de los métodos que favorecen la intensificación

del proceso de entrenamiento y la elevación del nivel competitivo de las aletas. Estos aspectos se relacionan de esta forma:

- se desarrolla el modelo de la actividad competitiva en las condiciones de entrenamiento, lo que se caracteriza por la realización integral del ejercicio con un alto nivel de intensidad y en conformidad con la reglas de la competición; este método influirá en los organismos, permitiendo resolver con eficacia los problemas funcionales técnicos, tácticos y psicológicos del perfeccionamiento deportivo;
- aumento de las cargas de entrenamiento específicas y aplicación de medios y métodos orientados a la solución de la tarea (por ejemplo, el perfeccionamiento deportivo técnico, la velocidad del ejercicio o el desarrollo de cualquier capacidad motora);
- concentración de las cargas específicas de entrenamiento en ciertas etapas del ciclo anual y su distribución en el tiempo (por ejemplo, para la preparación física especial, técnica o la velocidad).

11

7. El aumento de la importancia de la ciencia en la resolución de los problemas metodológicos del entrenamiento. La preparación de los deportistas de alto nivel está bien relacionada con las influencias sobre los sistemas funcionales del organismo; por eso, sin conocimientos científicos no será posible resolver los problemas del entrenamiento contemporáneo. Los principios tradicionales y las formas de entrenamiento evidencian que una buena parte de ellos han dejado de ser actuales y no satisfacen las exigencias y las tareas de la preparación de los deportistas de alto nivel de hoy en día. Se puede citar la concepción de la periodización del entrenamiento que tiene como principal defensor al teórico ruso de la educación física, L.P. Matveev. Dicha concepción fue elaborada por los entrenadores soviéticos, allá por los años cincuenta, y era para la preparación del equipo soviético para los XV juegos olímpicos realizados en Helsinki. En aquel tiempo, la fisiología, la biomecánica y la bioquímica de-

portiva estaban en su fase inicial y no podían aportar fundamentos científicos a la teoría del entrenamiento deportivo. Era un sistema progresivo y eficaz de la organización del proceso de entrenamiento, muy popular en todo el mundo. Matveev hasta hoy cree firmemente en la importancia de su propuesta. Los entrenadores modernos comprenden este hecho y colaboran con los científicos en un intento de buscar nuevos caminos en la racionalización y la eficacia del proceso de entrenamiento y en la capacidad de perfeccionamiento de los principios tradicionales y de las formas de entrenamiento. Los grandes resultados de los deportistas justifican esta búsqueda.

El perfeccionamiento del deportista es ante todo una cuestión de movimiento, y la formación (preparación) deportiva debe basarse en la actividad motriz intensiva y especializada. Es por ello que los avances en el perfeccionamiento deportivo explotan y, al mismo tiempo, tienen como límite las posibilidades físicas del organismo, es decir, su capacidad de desarrollar el nivel requerido de potencia física y de tolerar la carga de entrenamiento que es imprescindible para mejorar esta capacidad.

En consecuencia, los principios metodológicos de la preparación de deportistas, al igual que las directrices pedagógicas, deben ante todo *expresar la esencia biológica del proceso formativo de la maestría deportiva*.

En ello radica la especificidad del deporte. La formación de deportistas conduce a un nivel de estrés físico y psíquico, sin parangón en ningún otro proceso pedagógico. Aquí no vale conformarse con la práctica amateur y tolerar los errores, pues lo que está en juego es la salud de una persona. Precisamente por ello, *el aspecto biológico debe tener prioridad en la investigación científica encaminada a la solución de los problemas de la organización racional del entrenamiento* (U. Verkhoshansky, 1970, 1985, 1988).

Llegados a este punto, no puedo evitar recordar las palabras del eminente especialista deportivo alemán, mi amigo Tony Nett, quien una vez afirmó: «Hoy en día, el entrenador que desconoce los aspectos fisiológicos

cos de su método se convierte en un peligro para el deportista, tanto en lo que respecta a resultados como a salud». Quiero subrayar que esto fue dicho a principios de los 60, cuando la actual teoría y metodología del entrenamiento deportivo apenas empezaba a despuntar.

Tendencias fundamentales en el desarrollo de la actual teoría y metodología del entrenamiento deportivo

13

La actual teoría y metodología del entrenamiento deportivo consiste en un sistema de conocimientos sobre las leyes que rigen el proceso de formación de la maestría deportiva (PFMD) a lo largo de un entrenamiento a largo plazo, y sobre las posibilidades de aplicar esas leyes en las condiciones de entrenamiento y competición.

Actualmente existen tres tendencias fundamentales en el desarrollo de la teoría y metodología del entrenamiento deportivo (TMED).

Una de ellas vendría a ser la *pedagógica*, desarrollada en gran medida por los pedagogos deportivos a partir de conclusiones lógicas extraídas de su experiencia en la práctica deportiva. Se vale de recomendaciones para entrenadores del tipo: ¿qué hay que hacer en los entrenamientos? ¿Cómo hay que hacerlo? ¿Y cuándo? Las bases de este enfoque las puso el teórico soviético de la educación física L. Matveev (1964), quien sintetizó sus cincuenta años de experiencia como entrenador de la URSS, formuló sus teorías y acuñó conceptos tales como el de «periodización» del entrenamiento.

En vista de los grandes éxitos cosechados a partir de las XXII Olimpiadas de Helsinki por los deportistas de la URSS, la publicación en los países del bloque soviético de los postulados de la «periodización» despertó interés y cobró popularidad más allá de sus fronteras.

La esencia de este concepto radica en dividir el proceso de entrenamiento en pequeñas partes o «microciclos» y formalizar de manera lógica y especulativa sus contenidos, para después construir a partir de ellos

unas divisiones más grandes del proceso conocidas como «mesociclos» o «macrociclos».

En el marco de esta tendencia destacan las obras de N. Ozolin (1970), L. Matveev (1977), V. Platonov (1980; 1986), T. Zheliazov (1988), D. Harre (1971; 1978), A. Bondarchuk (1985), M. Portman (1986), T. Ulatovski (1971), y otros.

Hoy en día, los adeptos de esta tendencia elaboran nuevos enfoques extensivos de la actividad deportiva, que se caracterizan por una visión más amplia de los problemas y la utilización de una síntesis de elementos de las ciencias sociales (sociología, psicología social, pedagogía, etc.). Su producción se da a conocer como «teoría general del deporte» (V. Platonov, 1987; T. Ulatovsky, 1992; L. Matveev, 1997) o como «teoría general de la preparación de deportistas para los aspectos olímpicos del deporte» (V. Platonov, 1997).

Su discurso trata no ya del «entrenamiento» como componente concreto de la teoría general del deporte, sino de la «preparación» del deportista, entendida en un sentido más amplio y prestando atención a todas y cada una de las cuestiones y detalles que forman parte de la actividad deportiva de una persona. Sin embargo, semejante enfoque extensivo conduce a una descripción demasiado superficial del fenómeno deportivo. Los apartados dedicados en esas obras al tema del «entrenamiento», es decir, a la parte central de la teoría y metodología del deporte, por desgracia no aportan al entrenador de hoy en día los conocimientos profesionales sistematizados que le resultan imprescindibles.

La segunda tendencia, la *teórico-pedagógica*, incluye monografías y materiales didácticos en los que los autores tratan de aclarar los problemas de la preparación y formación de deportistas mediante el uso de hechos experimentales aislados e información científica divulgativa procedente del ámbito de la fisiología del deporte. En tales obras se expone con mayor riqueza de contenidos y corrección los mecanismos fisiológicos que forman la esencia del proceso de entrenamiento y determinan el progreso de los logros deportivos. Sin embargo, como en el caso anterior,

su base metodológica se fundamenta en el concepto manifiestamente anticuado de la «periodización» del entrenamiento y no realiza ninguna aportación relevante.

Dentro de esta tendencia destacan las obras de T. Bompa (1985), D. Martin *et al.* (1993), G. Schnabel *et al.* (1994), J. Malacko (1982) y V. Platonov (1986; 1997).

La tercera tendencia, la *científico-aplicada*, se centra en el estudio en profundidad de los factores, mecanismos y condiciones que inciden en el desarrollo de la maestría en todas las manifestaciones de su aspecto competitivo. Esta tendencia se fundamenta en los avances de la biología teórica, la fisiología de la actividad muscular, la anatomía funcional y la morfología funcional, la biomecánica y bioenergética del deporte, la medicina deportiva y la psicofisiología y psicomotricidad del hombre.

Aquí, el objetivo no consiste en la formación de un sistema extensivo y exhaustivo de conocimientos (al estilo de un manual) sobre todos los pormenores y facetas de la «preparación» del deportista, con digresiones relativas a los problemas sociales y psicopedagógicos del deporte, análisis del lugar y rol que ocupa el deportista en el espacio sociocultural, etc. Aquí, lo más importante es la profundidad de penetración en la esencia científica y natural del fenómeno del entrenamiento, el descubrimiento de las leyes que rigen el proceso de perfeccionamiento deportivo y la formulación a partir de ellas de principios que muestren el camino para incorporar dichas leyes a la práctica deportiva.

En el marco de esta tendencia cabe citar en primer lugar los importantes estudios que han realizado aportaciones valiosísimas a la investigación de los mecanismos del entrenamiento. Aun a riesgo de omitir y ofender a alguno de ellos, me gustaría citar aquí el nombre de sus autores: B. Saltin, D. Costill, G. Brooks, P. Di Prampero, B. Eriksson, P. Gollnik, B. Essen, L. Hermansen, J. Holloszy, J. MacDougall, P. Tesch, A. Thorstensson, E. Coyle, A. Viru, N. Jakovlev y otros.

De especial importancia para los fundamentos de la TMED han resultado los maravillosos informes, manuales y compendios prácticos de

fisiología muscular que prestaban una especial atención a la actividad deportiva: los de P. O. Åstrand, K. Rodahl (1977), E. Fox, D. Mathews (1981), R. Margaria (1982), T. Fox (1984), G. Brooks, T. Fahey (1984), B. Noble (1986), D. Lamb (1984), H. De Vries (1986), J. Wilmore (1982), entre otros.

En estos trabajos se reúne una enorme cantidad de material teórico, científico y práctico recopilado tanto en laboratorios como en condiciones reales de práctica deportiva y se analizan de forma profesional sus posibilidades de uso en la preparación de deportistas. Resulta difícil sobrevalorar la aportación realizada por estas obras a los fundamentos científicos y naturales de la actual TMED.

Por desgracia, son todavía escasos los trabajos teóricos y metodológicos que establezcan un aparato comprensivo y una estructura sustancial para la actual TMED basándose en todas esas obras (A. Viru, 1981; A. Viru, P. Kirgue, 1983; Y. Verkhoshansky, 1985, 1988; Y. Verkhoshansky, A. Viru, 1987, 1990; N. Yákovlev, 1983; N. Volkov, 1997; A. Viru, 1992, 1994).

Sin embargo, estoy convencido de que esto es sólo cuestión de tiempo. Es posible que en manos de las editoriales ya obren trabajos de este tipo.

Estos libros que presento a entrenadores y deportistas se inscriben, al igual que todas mis publicaciones previas (1970, 1977, 1985, 1988, etc.), en la tercera tendencia.

Así pues, antes de pasar a hablar de la teoría y metodología del entrenamiento deportivo como de una disciplina científica de carácter aplicado, resulta imprescindible asentar la naturaleza física del proceso de entrenamiento deportivo, establecer los factores, mecanismos y leyes que originan el desarrollo de la maestría deportiva durante un entrenamiento a largo plazo y formular con claridad los principales requisitos para organizar el proceso de entrenamiento en etapas de diferente duración.

Principal ley del proceso de perfeccionamiento deportivo

El incremento de la maestría deportiva (S) depende sobre todo de dos factores (Fig. 1): el aumento del potencial motriz del deportista (P) y su habilidad para aprovechar de manera eficaz ese potencial en entrenamientos y competiciones (T). Puesto que con el aumento de la maestría (S) el deportista saca cada vez mayor partido de sus capacidades de trabajo (como atestigua el constante acercamiento de la curva T al gráfico P), de forma natural, cualquier sucesivo progreso dependerá cada vez en mayor medida de ese aumento de potencial (Y. Verkhoshansky, 1966, 1970, 1985).

De esta manera, el aumento del potencial motriz y el perfeccionamiento de la capacidad del deportista de aprovecharlo de forma plena y eficaz se presentan como *la constante básica del proceso de entrenamiento*, y el grado de aprovechamiento de sus posibilidades motrices como *uno de los criterios para juzgar su eficacia*. El resto de cuestiones, sin duda alguna importantes que rodean el proceso de entrenamiento, no son

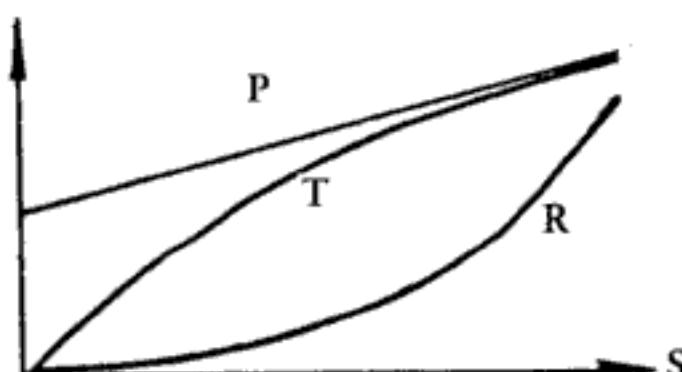


Figura 1. Tendencia al aumento del potencial motor del organismo (P) y de la habilidad del deportista para aprovecharlo con eficacia (T) con el progreso de la maestría (S). R representa la dinámica de crecimiento de la fuerza de los influjos específicos del entrenamiento en el organismo.

más que condicionantes y factores que contribuyen al cumplimiento de esa constante básica.

Entre ellas, la más importante es la potenciación del estímulo del entrenamiento en el organismo que da lugar a un crecimiento exponencial de la curva (R) relativa al resultado deportivo (S). Ello demuestra que el aumento del potencial motriz del deportista (P) y, por tanto, el progreso de la maestría deportiva (S) exigen un aumento constante del estímulo del entrenamiento (R) en el organismo.

He aquí la ley fundamental del proceso de formación de la maestría deportiva (PFMD). El contenido completo y la organización de un entrenamiento a largo plazo debe enfocarse hacia la creación de las condiciones razonables para el cumplimiento de esta ley.

Estructura del proceso de entrenamiento

La estructura del entrenamiento deportivo se muestra en la Figura 2. Del esquema se deduce que el resultado de la competición (como objetivo final del entrenamiento) depende de la estructura morfológica especializada de la capacidad de trabajo deportivo del atleta.

La estructura morfológica especializada de la capacidad de trabajo es *la forma estable de las relaciones entre los sistemas del organismo que determina por completo la capacidad motriz del atleta y el éxito de su actividad deportiva*. Su formación y perfeccionamiento dependen del acercamiento de todos los sistemas fisiológicos del organismo sin excepción a un elevado nivel funcional, fijado por las correspondientes reestructuraciones morfológicas, e incluido en el proceso de adaptación a largo plazo del organismo a la actividad muscular intensiva (Y. Verkhoshansky, 1985, 1988).

Las características cualitativas de la estructura morfológica especializada se determinan por *el régimen de trabajo del organismo*, especialmente por el propio de la actividad deportiva concreta (por ejemplo, el trabajo de carácter explosivo, cílico o variable, etc.) y por

el *reglamento de la competición* (sus normas, materiales utilizados, estructuras de coordinación de los movimientos, cantidad de repeticiones («tentativas») de la ejecución del ejercicio de competición o duración de la competición, existencia de descansos y su duración, etc.).

La formación de la estructura morfológica depende del aumento sistemático del *potencial energético* del organismo, del perfeccionamiento de la *habilidad del deportista para emplearlo de forma efectiva* en el entrenamiento y la competición, y del incremento de la *firmeza psicológica* del deportista, es decir, de su estabilidad frente los factores desmoralizadores externos e internos.

Así pues, el bloque A de la Figura 2, incluye los factores principales que determinan (condicionan) la maestría deportiva. Son cuatro:

- estructura morfológica especializada de la capacidad de trabajo deportivo que determina el nivel cuantitativo y las características cualitativas de las capacidades motrices del deportista;
- potencial energético del organismo, es decir, su capacidad de producir la energía necesaria para las actividades de entrenamiento y competición;
- habilidad del deportista para realizar de forma efectiva (en todo su valor) su potencial motriz en condiciones de entrenamiento y competición;
- estabilidad psicológica del deportista, determinante para un elevado nivel de firmeza en la solución de los problemas motrices que se encuentran en las condiciones de la actividad deportiva.

A continuación, si se pasa al bloque B, de la misma figura, encontramos los tres componentes principales del proceso de entrenamiento, especialmente determinantes para la consecución y perfeccionamiento de la maestría deportiva. Éstos son:

- *preparación física especial*, que garantiza principalmente el aumento del potencial energético del deportista;

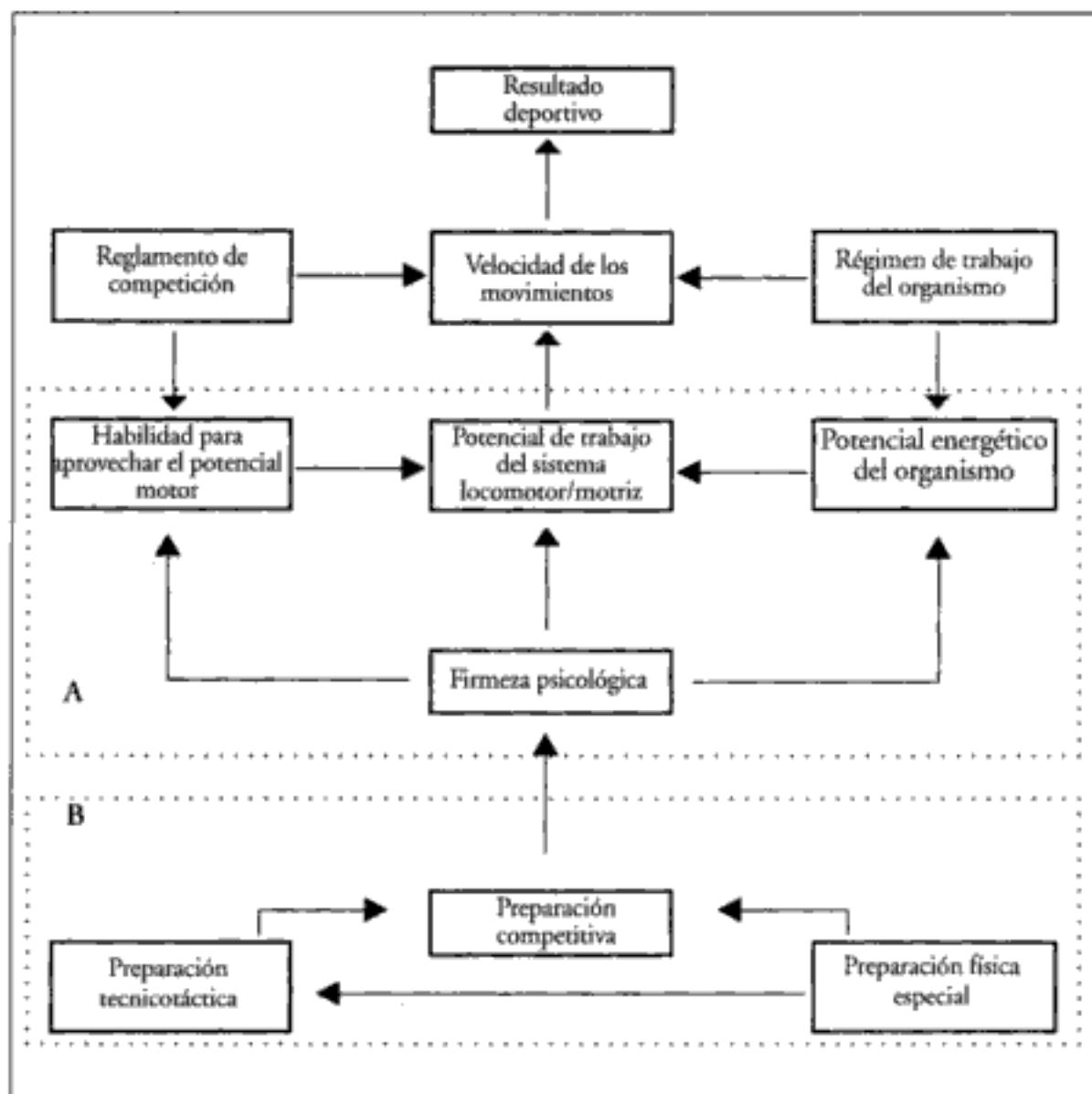


Figura 2. Estructura principal del proceso de entrenamiento.

- *preparación técnico-táctica*, que garantiza principalmente el perfeccionamiento de la habilidad del deportista para aprovechar su potencial motriz en la resolución efectiva de las tareas motoras;

- *preparación de competición*, principalmente orientada al perfeccionamiento de la estabilidad y firmeza psicológicas de la maestría competitiva del deportista.

De este modo, el sentido de la organización de la preparación del deportista reside en poner en común con el objetivo principal (la consecución del resultado planeado) las tres directrices (componentes) fundamentales del entrenamiento:

- aumento del potencial motriz del deportista (objeto de la preparación física especial);
- perfeccionamiento de la habilidad para aprovechar de forma efectiva ese potencial en el ejercicio de competición (objeto de la preparación técnico-táctica);
- aumento del nivel y la firmeza de la maestría competitiva (objeto de la preparación competitiva y psicológica).

En el marco de estas directrices se concentra toda la amplia gama de objetivos concretos de la preparación del deportista. La habilidad y categoría profesional del entrenador reside en su capacidad para formular de forma correcta los objetivos del entrenamiento, dividirlos en categorías según su grado de importancia para la mejora de los resultados de competición y dirigir con criterio el proceso de entrenamiento.

Es importante prestar atención a que la preparación física especial se encuentra en la base del esquema de la Figura 2, y las flechas que surgen del recuadro «preparación física especial» simbolizan su importancia determinante tanto para el aumento del potencial energético del deportista como para el perfeccionamiento de su maestría técnico-táctica.

De ello se desprende el evidente papel prioritario de la preparación física especial dentro del sistema de entrenamiento. Simplificando, podría expresarse de la siguiente manera: *en un principio hay que crear el imprescindible potencial motriz del deportista y a partir de allí acometer el resto de objetivos*.

Principal tarea profesional del entrenador

El momento más dramático, por decirlo así, de la profesión de entrenador es el concerniente al *problema de la elección y toma de decisiones*, relacionadas con la importante estrategia general del entrenamiento y la búsqueda de las variantes óptimas de organización del proceso de entrenamiento en todos los niveles y etapas, y en todos sus detalles.

Este objetivo es especialmente complicado por tres motivos:

-
- 22
- primero, el entrenador no siempre dispone de los suficientes criterios y fundamentos para la elección de las variantes óptimas; cuanto menos fundamentos tenga, mayor será la probabilidad de error;
 - segundo, puede que en su trabajo con los deportistas el entrenador se ciña sólo a una de las muchas variantes posibles para la organización del entrenamiento; cuanto más restringida sea su elección, menos posibilidades de éxito tendrá;
 - tercero, por muy acertada que sea su elección, lo sabrá sólo al cabo de un tiempo, cuando se manifieste el efecto que ha tenido el entrenamiento con la variante elegida por él; en otras palabras, se ve obligado a trabajar en condiciones que no permiten prever el resultado del proceso de entrenamiento.

De este modo, para reducir la probabilidad de error y tener mayores posibilidades de éxito el entrenador debe:

- disponer de fundamentos objetivos y suficientemente sólidos para tomar las decisiones óptimas;
- prever con un elevado grado de probabilidad el resultado (el estímulo de entrenamiento) de la decisión tomada.

Para ello, es inadmisible basarse en la intuición o el consejo de los amigos. En el deporte de hoy en día no hay sitio para los aficionados.

El entrenador profesional debe poseer un buen conocimiento de la fisiología y la bioenergética de la actividad muscular, la anatomía funcional y la biomecánica de los ejercicios deportivos, y hacerse una idea muy precisa de la especificidad y la fuerza del estímulo de entrenamiento que ejercen en el deportista los diferentes procedimientos y cargas de entrenamientos de distinto contenido, volumen, intensidad y organización.

¿Por qué el entrenador comete errores?

23

El error en la toma de decisiones ocurre con frecuencia durante el trabajo de un entrenador. Yo conozco eso muy bien, porque he realizado un largo camino, muy espinoso y, al mismo tiempo, muy noble. Por eso, espero que los entrenadores no se ofendan, pues voy a realizar la presentación de algunos errores profesionales muy típicos en el desarrollo de nuestro trabajo. Sin embargo, también presento cómo prevenir las graves consecuencias de los errores que voy a presentar.

Poca habilidad para destacar el principal factor de la organización del proceso de entrenamiento. El entrenamiento conlleva muchas tareas y todas ellas son de gran importancia. Cuando intentamos resolver todos los problemas en un corto periodo, el entrenador olvida la importancia de cada uno de esos factores aisladamente. Como resultado final, tenemos: desorganización del entrenamiento, gasto de tiempo y de energía y, finalmente, un trabajo poco eficiente.

Reflexionando con lo anteriormente citado, el entrenador conseguirá establecer la orientación objetiva del proceso de entrenamiento y de sus etapas y, también, podrá destacar con facilidad las tareas y los principios importantes, categorizándolos de acuerdo con la importancia y las prioridades creadas. De esa manera, muchos problemas secundarios se resolverán por sí mismos. Toda la organización de la carga de entrenamiento posee una orientación lógica para la realización de la línea estratégica de entrenamiento y preparación del deportista. Crecerá la eficacia en la re-

solución de todos los problemas, siendo el gasto del tiempo y la energía del deportista considerablemente reducido.

Extremismo. El entrenador intenta hacerlo todo de la mejor manera posible y lo más rápida, lo que, en principio, es una tendencia positiva. Sin embargo, cuando tal aspiración conduce al uso de los medios más eficaces y específicos del entrenamiento, ignorando la tradicional recomendación metodológica del aumento gradual de la intensidad de la carga, el entrenador se encuentra en una situación de extremismo. El extremismo está caracterizado, y es muy peligroso, por la dosificación excesiva de los medios de entrenamiento; por ejemplo, cuando en lugar de diez repeticiones el entrenador decide realizar 15: hacer más no siempre significa hacerlo mejor. Me acuerdo de un entrenador que dudaba de la eficacia de la realización del salto después de la caída desde una altura de 0'75 metros con el objetivo de desarrollar la fuerza explosiva y la capacidad reactiva muscular y escribió un artículo en el cual recomendaba saltos desde alturas exageradamente elevadas. A eso lo denomino extremismo, porque representa un peligro de lesiones para los atletas.

Actividad conservadora. Está caracterizada por la filosofía del entrenador relacionada con la concepción, principios, métodos y medios. El entrenador no se decide o tiene miedo de alterar su sistema de entrenamiento, lo que podrá perjudicar la comprensión y la concepción de una nueva idea y el perfeccionamiento de su método de entrenamiento, cerrándose el camino para el progreso. Un buen ejemplo de eso es la dificultad de libertad en las filosofías e ideas sobre la periodización del entrenamiento y la percepción de nuevas ideas, modernas y los principios de la formación del entrenamiento basados en los datos científicos y en las experiencias deportivas progresistas.

Negativismo. Negar la ciencia es un error muy desagradable y peligroso, sin embargo, por desgracia, es bastante común.

Lo que un entrenador debe saber

Según Toni Nett, un entrenador debe poseer conocimientos de anatomía, cinesiología, fisiología del deporte, biomecánica, medicina deportiva y psicología, y asimismo también física, estadística, matemática y computación. Además de todo esto, deberá estar al día en los conocimientos profesionales. No pretendo describir detalladamente el esquema de la figura, sino destacar el hecho de que las líneas verticales buscan las partes científico teóricas principales de la teoría y metodología del entrenamiento deportivo (programación del proceso de entrenamiento, su organización, control y corrección en el tiempo) y las debidas nociones metodológicas (principios de estructuración del entrenamiento y sus modelos de principios, métodos de control y de corrección del proceso de entrenamiento). En las conclusiones de esos aspectos, será coherente la formulación de la teoría general de la formación del entrenamiento, su



Figura 3. Detalles del entrenamiento que el entrenador debe conocer.

concretización en forma de concepciones específicas para ciertas especialidades deportivas y ciertos principios de individualización en la preparación de los deportistas. Todo ese material el lector lo encontrara en este libro cuyo objetivo es proporcionar al entrenador esos conocimientos e indicarle cómo emplearlos.

Introducción a la primera parte

Antes de hablar del entrenamiento —de su composición, normas, principios y otros conceptos y secretos— es imprescindible ser bien consciente de para quién (o para qué) está destinado ese entrenamiento, y quién (o qué) es el objeto del estímulo del entrenamiento.

Por ello, la primera parte tiene la finalidad de familiarizar al lector con aquellas particularidades específicas y propiedades funcionales del organismo humano y su aparato locomotor que son relevantes para el entrenador en el proceso de entrenamiento y a las que irá dirigida su estímulo. Además se propone hacerlo no sólo de modo descriptivo —como suele suceder en los manuales académicos de anatomía y fisiología—, sino también mostrando cómo se manifiestan y emplean esas particularidades y propiedades en condiciones de comportamiento motriz que exijan un esfuerzo extremo de las posibilidades motrices y psíquicas del hombre.

Para el entrenador es importante no sólo tener conocimiento, por ejemplo, de en qué lado de una persona está el corazón, sino también saber muy bien cuál es su papel en el mantenimiento de la capacidad de trabajo del deportista en relación con éste o aquel aspecto del deporte. El entrenador también debe conocer con exactitud cómo están hechos y cómo trabajan los músculos en las condiciones de ejecución de un difícil

ejercicio motriz, dónde y cómo consiguen la energía para el trabajo, a cuenta de qué mejora la eficacia de su trabajo en el resultado del entrenamiento de ésta o aquella tendencia determinada.

También conviene que el entrenador sepa cómo están organizadas las actividades motrices complejas, a cuenta de qué y cómo se produce su perfeccionamiento, qué son las capacidades motrices del hombre y cuáles son las formas específicas de la capacidad de trabajo y, por último, en qué se concreta el proceso de perfeccionamiento funcional del organismo humano en un proceso prolongado de entrenamiento.

Sin estos conocimientos, todas las disposiciones de la teoría y metodología actual del entrenamiento deportivo expuestas con posterioridad carecerán de fundamento, parecerán abstractas y privadas de todo valor práctico.

Por ello, aconsejo al lector acoger con atención el contenido de esta primera parte, más aún cuando contiene muchas indicaciones y recomendaciones de utilidad, que proporcionarán al entrenador la base para la reflexión y la clave para la búsqueda creativa de decisiones óptimas en cualquier situación que surja en la práctica de la actividad deportiva.

Parte 1

29

CARACTERÍSTICAS BIOMECÁNICAS DEL SISTEMA LOCOMOTOR DEL DEPORTISTA

El movimiento, función básica de cualquier organismo vivo, es la base de la actividad deportiva y forma su contenido. Por medio del movimiento se resuelve la tarea deportiva y eso hace que sea el objetivo hacia el cual dirigir de forma directa o indirecta el complejo de estímulos de entrenamiento durante el transcurso de la preparación a largo plazo de un deportista.

El perfeccionamiento del movimiento deportivo en un proceso de entrenamiento a largo plazo depende en gran medida de la mejora del potencial motor del deportista y de su habilidad para aprovechar este potencial en la ejecución de tareas motoras concretas.

La esencia de la maestría deportiva y técnica radica en la habilidad del deportista para aprovechar al máximo y de forma eficaz ese potencial motor. Esta habilidad se pone en práctica por medio de un sistema concreto de movimientos que deben ser organizados en función de las particularidades del ejercicio deportivo y las normas de competición.

Biomecánica de los movimientos del deportista

En el aspecto biomecánico, el movimiento deportivo, sea cual sea la variedad deportiva en cuestión, es el resultado de la interacción activa del hombre con los objetos externos próximos que lo rodean.

Por ejemplo, el saltador de longitud, para alcanzar la velocidad necesaria para que su cuerpo despegue, ejecuta al final de su carrera una potente impulsión desde una plataforma especial (Figura 1.1); el levantador alza las pesas en interacción simultánea con el suelo y la propia pesa (Figura 1.2); para conseguir fuerza motriz, el nadador emplea la resistencia del agua como lo haría un remo (Figura 1.3).

De este modo, el sentido del entrenamiento (una vez más, desde el punto de vista biomecánico) reside en organizar el trabajo motriz y las interacciones externas del deportista de modo que se aprovechen al máximo las fuerzas que entran en juego para la ejecución del ejercicio de competición: primero, de acuerdo con la normativa de la competición y, segundo, con la máxima potencia posible (velocidad, exactitud, etc.).

Métodos de investigación de los movimientos del hombre

Los resultados de las investigaciones utilizadas en este libro han sido obtenidos gracias a varios métodos instrumentales, incluyendo las plata-

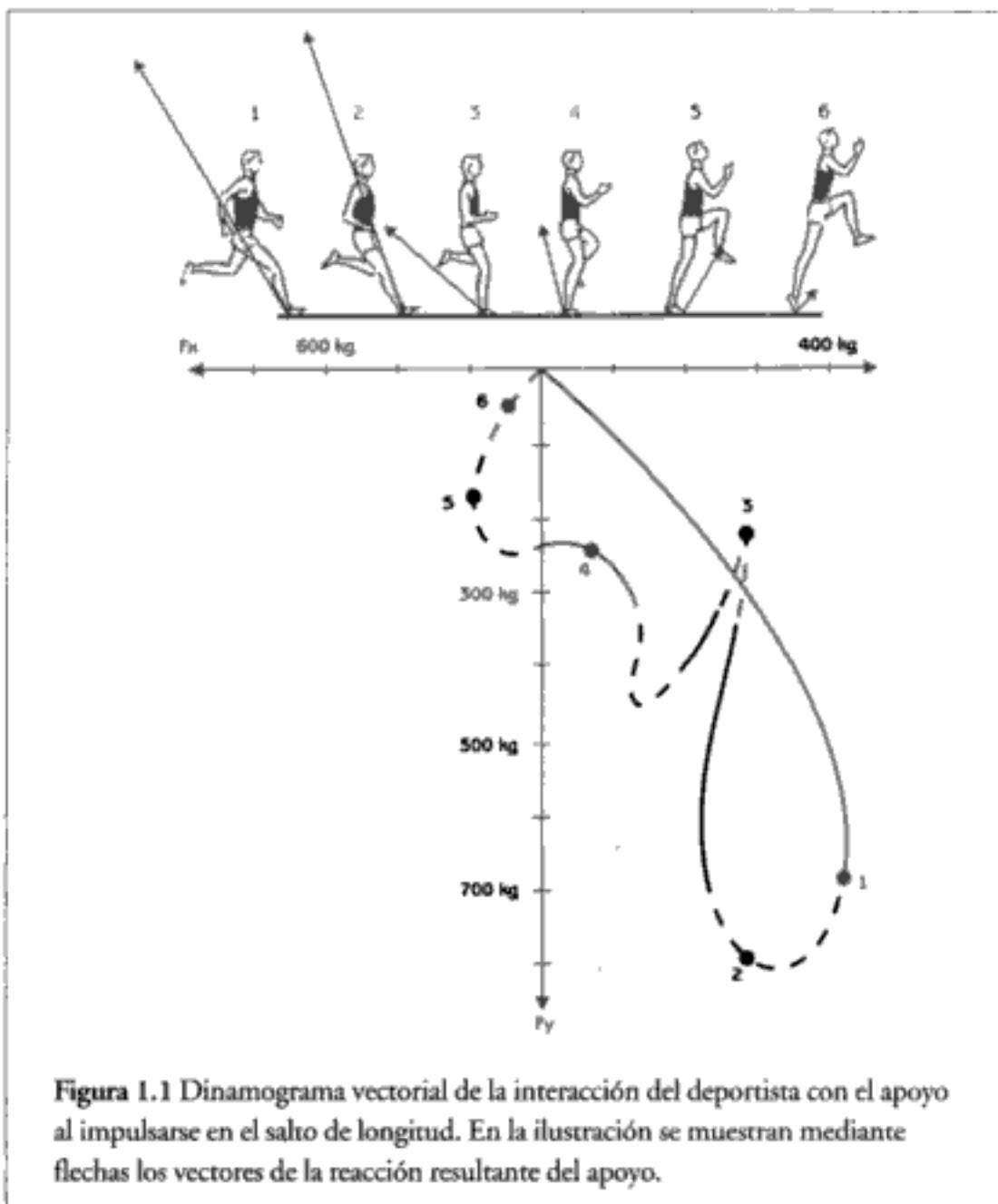


Figura 1.1 Dinamograma vectorial de la interacción del deportista con el apoyo al impulsarse en el salto de longitud. En la ilustración se muestran mediante flechas los vectores de la reacción resultante del apoyo.

formas dinamográficas y los dispositivos tensiométricos (Y. Verkhoshanski, 1961, 1963, 1973). En las condiciones de laboratorio, fueron usadas dos metodologías originales con los instrumentos: plataforma dinamográfica universal (PDU-3) y el dispositivo para el estudio de la capacidad reactiva del sistema neuromuscular (Y. Verkhoshanski, 1970, 1979).

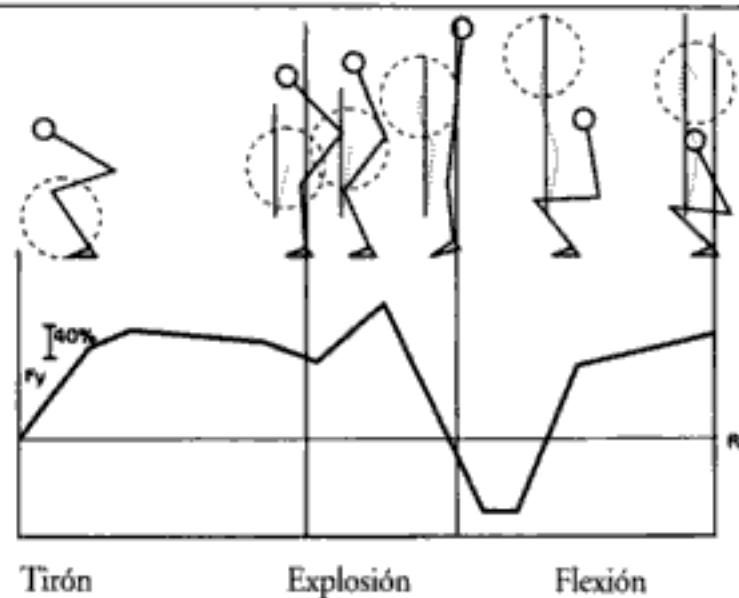


Figura 1.2 Esquema de la interacción del deportista con el apoyo y con las pesas en la ejecución de la primera parte del levantamiento. P es el peso corporal del atleta y F_y la interacción vertical que se establece con el apoyo, expresada en unidades de peso corporal del atleta.

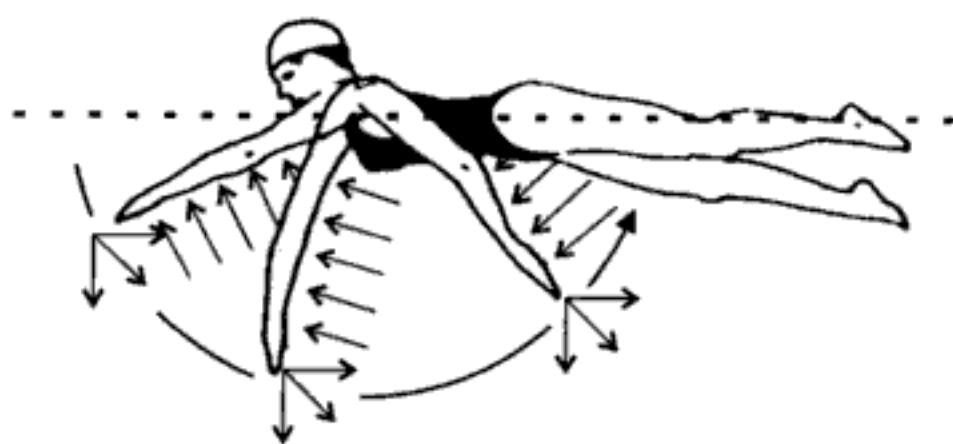


Figura 1.3 Creación de la fuerza motriz en la natación aprovechando la resistencia del agua con un movimiento de remo.

La plataforma dinamográfica universal (figura 1.4) incluyen tres bloques: de medición, funcional y de registro.

El bloque de medición es un dispositivo destinado para la medición simultánea de la fuerza externa aplicada a ese elemento, a la trayectoria del movimiento y al tiempo de realización de distancias cortas. El esquema cinemático principal del bloque de medición está presentado en la figura 1.5, y sus elementos básicos son los siguientes: el transmisor del esfuerzo (I), el dispositivo para medir la trayectoria (II) y el tiempo (III) del movimiento.

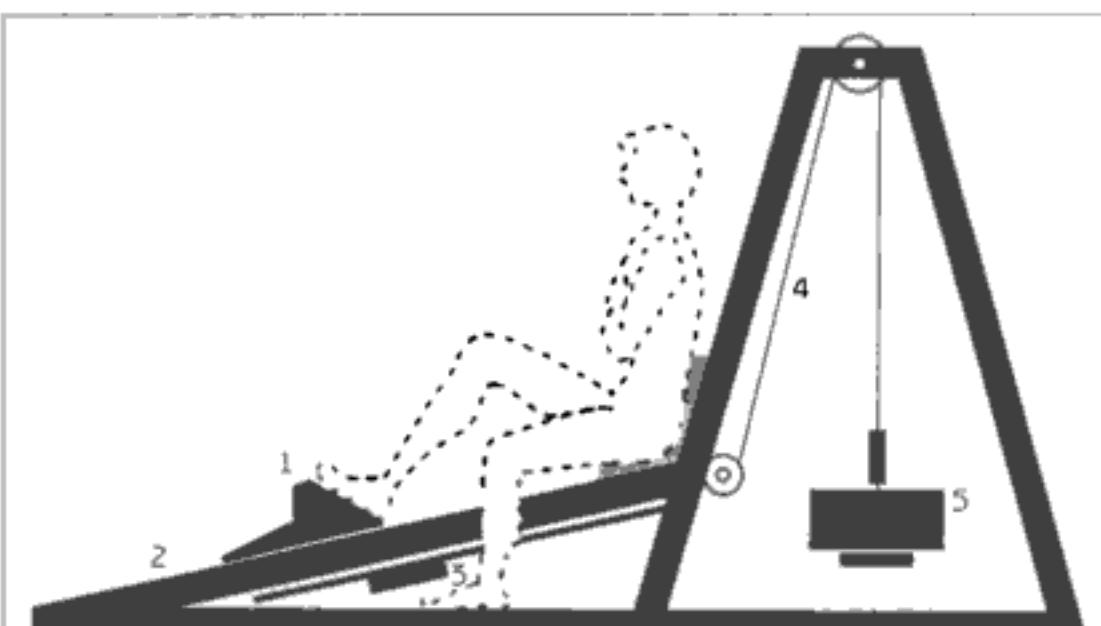


Figura 1.4 Esquema del principio dinamográfico universal: 1) pedal de trabajo, 2) guías, 3) tensiómetro, 4) cable de transmisión y 5) peso.

Como transmisor, se usa el tensiómetro (1) que está fijo entre el carro de medición y las vías (2) (esquema representado en el gráfico) y funciona a distancia. El carro se desplaza libremente por las guías. El carro de medición está unido por medio de un cable flexible al elemento que crea la resistencia al movimiento. Como transmisor de la trayectoria, fue usada

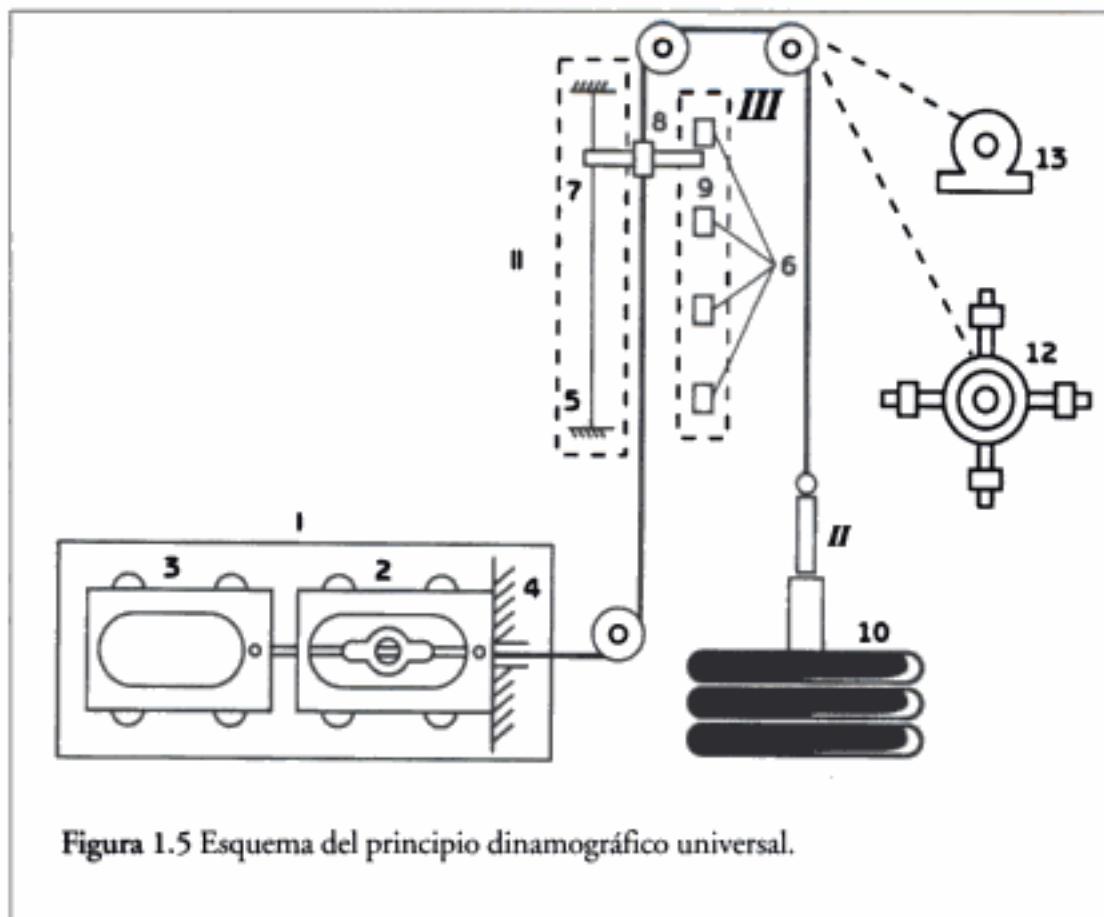


Figura 1.5 Esquema del principio dinamográfico universal.

una placa metálica (0,3 m mm) (3) y como registro del tiempo, fotodiódos (4). El recipiente de la corriente (5) está en el acoplamiento (6) y está fijo en el cable que se desliza por la línea. La tensión sin medida, en este caso, en el esquema eléctrico es análoga a la función $S(t)$. Al mismo tiempo, la banderita (7) cierra el flujo de luz, uniendo y desuniendo el aparato y registrando el tiempo de movimiento en cada distancia del recorrido.

El bloque funcional está destinado a garantizar la posición adecuada del investigado para el registro del movimiento útil y para la creación de la resistencia externa al mismo. La construcción racional del bloque admite la capacidad prácticamente ilimitada de reproducción de los movimientos motores de diferente forma y diferente régimen de contracción muscular. Para la creación de la resistencia externa al movimiento, se han propuesto los siguientes métodos: cambio de carga (8), inercia del volante en rotación (9) y dosificación de la resistencia del motor eléctrico (10).

El bloque funcional se realizó considerando las siguientes exigencias:

- a posición confortable para un esfuerzo máximo y una reproducción estable en el caso de repetir el test;
- b agarre a través de cinturón y tirantes;
- c umbral de grados de libertad de movimiento útiles.

El bloque de registro (YDC-3) es un conjunto de dispositivos fabricados con un patrón que garantiza la alimentación estable de los esquemas eléctricos, la amplificación de su lectura y su transformación en forma análoga y discreta para programarla en el ordenador. La forma análoga de registro en el papel ultravioleta (oscilógrafo K-115) deberá estar fijada en las curvas $F(t)$, $S(t)$, y las marcas del tiempo de movimiento en tres tramos (indicador numérico del tiempo F-583). El modelo de fijación de las características registradas del esfuerzo explosivo en régimen dinámico de trabajo muscular está representado en la figura 1.6.

En todas las investigaciones fueron registradas las siguientes características:

- F_{\max} – valor máximo de la curva $F(t)$
- F_p – ordenada de la curva $F(t)$ correspondiente al peso de la carga P
- DF – valor de la fuerza superior del peso de la carga
- T_p – tiempo limitado para el inicio de la curva $F(t)$ y su ordenada correspondiente al peso de la carga
- T_{\max} – tiempo limitado para el inicio de la curva $F(t)$ y su valor máximo F_{\max} .
- D_t – tiempo de movimiento en ciertas distancias de amplitud
- DS – estiramiento de las distancias de amplitud.

En los casos en que como calidad de la resistencia externa al movimiento se usa la inercia de la rueda en reposo o la resistencia dada por un motor, como sucede en un esfuerzo explosivo, la ordenada de la curva $F(t)$ para el cálculo de los valores Q y G deberá estar determinada por el

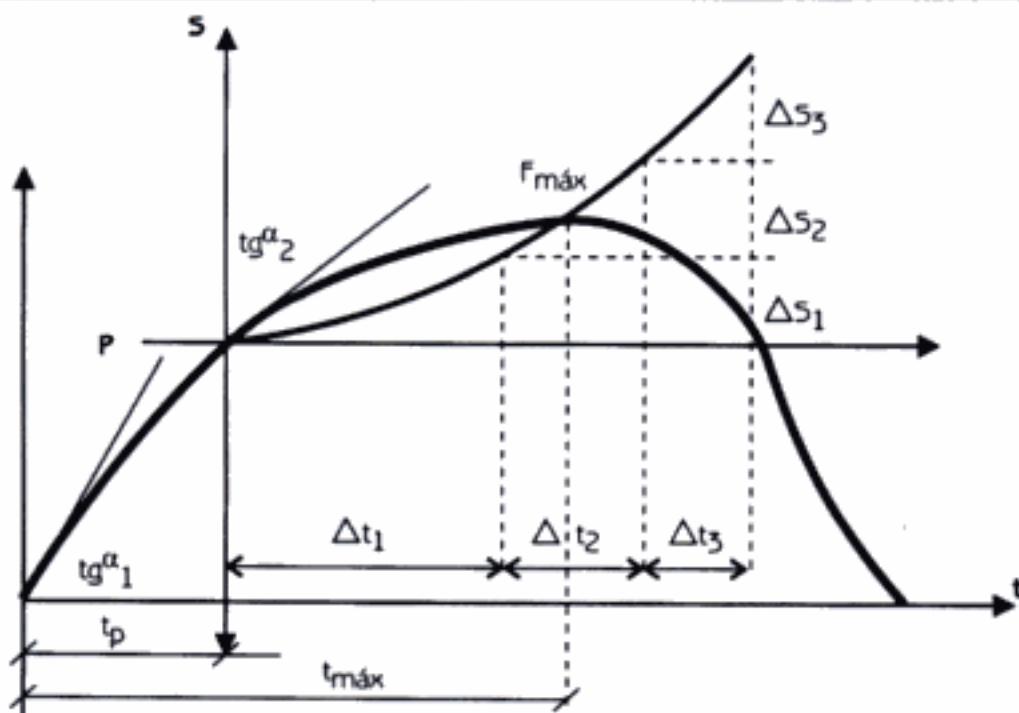


Figura 1.6 Modelo de las curvas $F(t)$ y $S(t)$ en el patrón dinamográfico universal.

máximo de la primera derivada de $F(t)$ o por medio de otro método. La investigación metodológica mostró que el modelo actual posee algunos errores en la medición relacionada con las capacidades de frecuencia del sistema-soporte-peso (carga), así como algunas particularidades de la plataforma (distensión del soporte, instalación de los fotodiodos para el registro del tiempo de movimiento). Pero la precisión y la fiabilidad de la medición de las principales características son bastante altas, con coeficientes de 0,83-0,99, cuando realizamos medidas repetidas en un test de amplitud de variación de las características, V% no supera el 3-6 %.

El dispositivo para investigar la capacidad reactiva del sistema neuromuscular fue desarrollado con el objeto de analizar el régimen específico de trabajo muscular para la actividad deportiva cuando el pre-estiramiento está unido a la fase del esfuerzo activo útil (Y. Verkhoshanki, 1959, 1961, 1963; D. Markov, 1967) (figura 1.7).

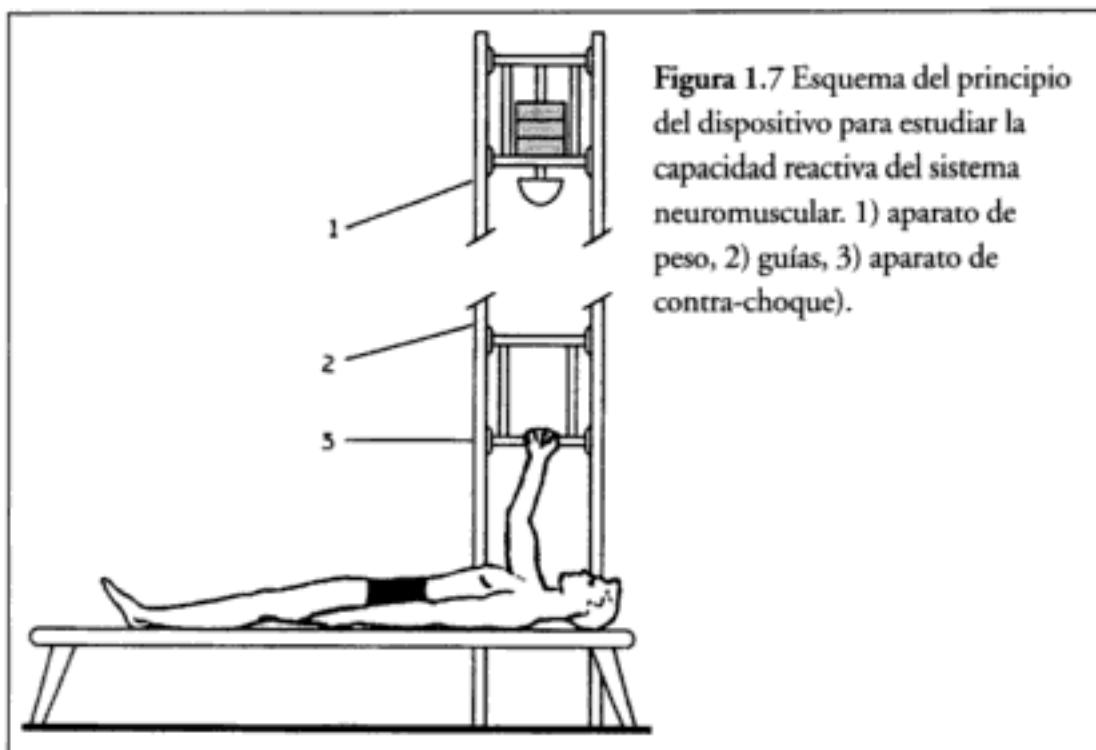


Figura 1.7 Esquema del principio del dispositivo para estudiar la capacidad reactiva del sistema neuromuscular. 1) aparato de peso, 2) guías, 3) aparato de contra-choque).

El dispositivo (figura 1.7) representa las guías verticales por las cuales se desplaza libremente el aparato con carga. El peso del aparato es modificado de 1 a 10 kg por la variación de la magnitud de las cargas. El examinado con ayuda del aparato anti-choque deberá reimpulsar la carga que cae de una determinada altura con la mayor fuerza posible. El dispositivo de registro controlará la altura conseguida por el aparato después de ser impulsado, con una lectura del gráfico $Sy(t)$ del punto de trabajo (donde se puede leer y medir la duración de las fases de trabajo muscular de amortiguamiento) y el tensiodinamograma ($F(t)$) reimpulsor de la carga (figura 1.8).

Por las características registradas y siguiendo el teorema de la energía cinética, se podrán calcular los valores de la fuerza media del movimiento y la fuerza y la potencia del trabajo en la fase de amortiguamiento y de impulsión.

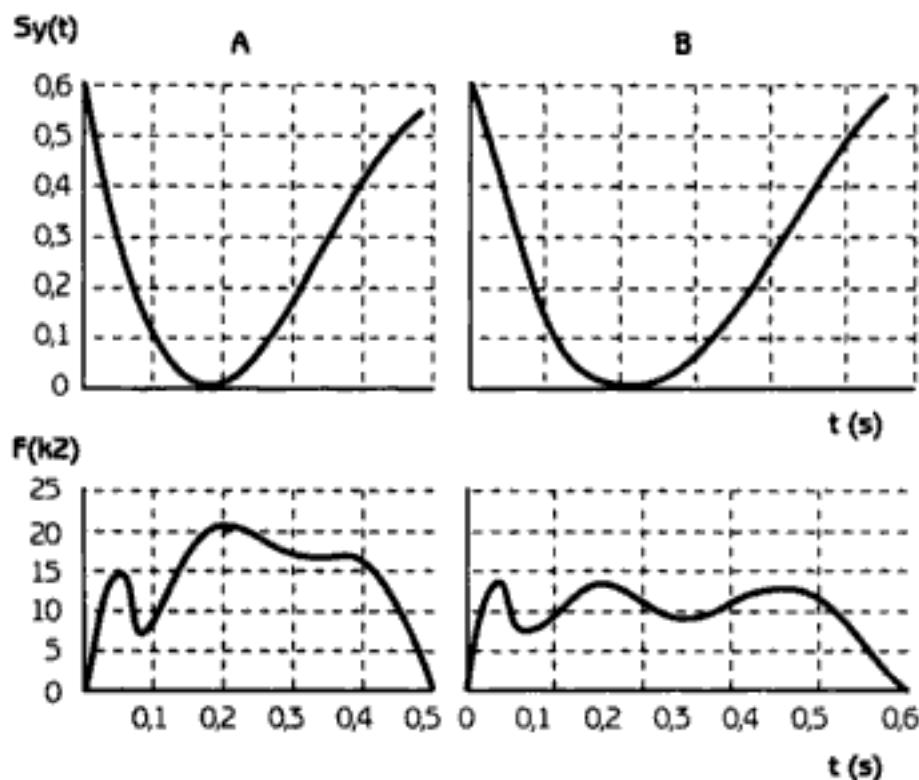


Figura 1.8 Modelo de los gráficos $F(t)$ y $S_y(t)$, impulsándose con la mano y un peso de seis kilogramos después de su caída desde 0,60 m, de una persona entrenada (A) y de una no entrenada (B).

Aparte del régimen pliométrico o de choque que hemos mencionado, también puede ser estudiados otros regímenes de contracción a partir de los diferentes estados musculares que anteceden el esfuerzo activo (relajación, tensión isométrica, estiramiento suave, etc).

Particularidades del trabajo muscular en condiciones de actividad deportiva

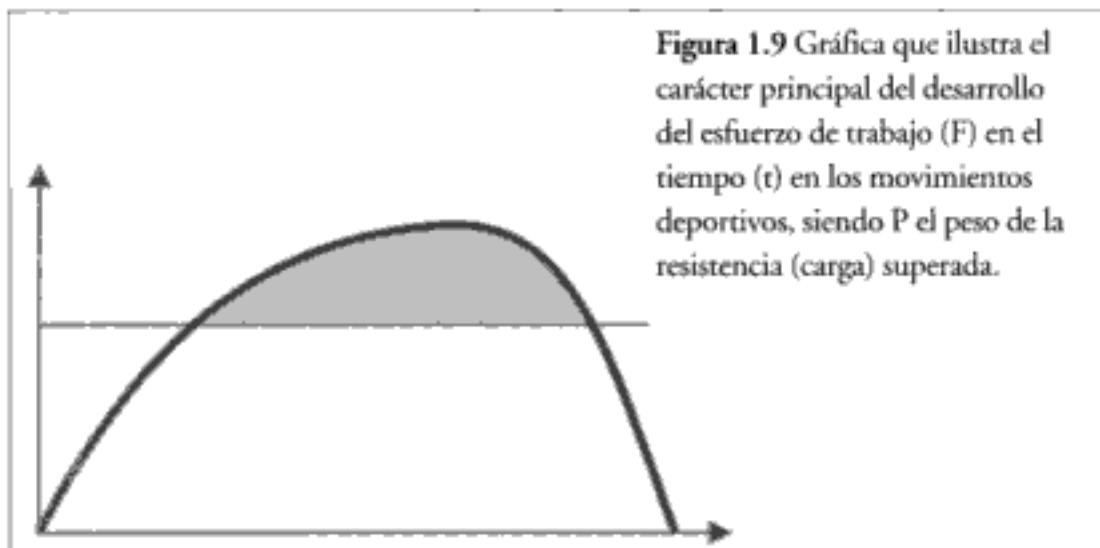
Si hacemos abstracción de la forma de movimiento y de su inclinación y régimen concreto de trabajo muscular, entonces el carácter del desarrollo del esfuerzo en la inmensa mayoría de movimientos deportivos puede representarse mediante la gráfica $F(t)$, cuyo principio y final

siempre se sitúa en las abscisas (Fig. 1.9), dado que el movimiento empieza y termina con velocidad nula.

El efecto útil de trabajo está determinado por el impulso de la fuerza ($I = Ft$), es decir, por la superficie abarcada por la curva $F(t)$ que está por encima del valor del peso superado (P). El aumento del efecto de trabajo del movimiento está en función del aumento de esta superficie, hecho en cual, precisamente, reside el fin del perfeccionamiento del movimiento deportivo. Aunque eso no lo es todo.

40

La cuestión es que, en relación con las limitaciones anatómicas de la amplitud del movimiento, cuanto más rápido sea éste menos tiempo habrá para que se manifieste el esfuerzo de trabajo. De ahí que la principal particularidad del movimiento deportivo resida en *la necesidad de un rápido desarrollo del máximo de fuerza de contracción de los músculos*, para conseguir desarrollar el impulso de fuerza requerido. No es difícil encontrar una confirmación de esta conclusión en los postulados físicos conocidos, de los que se desprende que por lo general la velocidad (V) es directamente proporcional a la fuerza (F) y al tiempo de su actuación (t), e inversamente proporcional a la masa corporal (m), es decir, $V = Ft/m$. El significado físico formal de esta expresión es evidente: para mejorar la velocidad del cuerpo es imprescindible mejorar la importancia y duración de la fuerza aplicada o reducir la masa corporal.



En la práctica, sin embargo, en las condiciones del movimiento humano no todas las posibilidades enumeradas son practicables. El deportista no puede disminuir la masa de su cuerpo o del aparato deportivo estandarizado y aumentar el tiempo del movimiento. Lo primero es obvio, y lo segundo, como ya se ha dicho, se explica por lo limitado de la amplitud de trabajo del movimiento. En consecuencia, tan sólo queda: *el aumento del máximo de esfuerzo de trabajo y de la velocidad de su obtención.*

Para una caracterización cualitativa y una valoración cuantitativa del esfuerzo de trabajo se adoptan los siguientes parámetros (Fig. 1.10, gráfica 1) de la curva $F(t)$ (Y. Verkhoshansky, 1959, 1961, 1970):

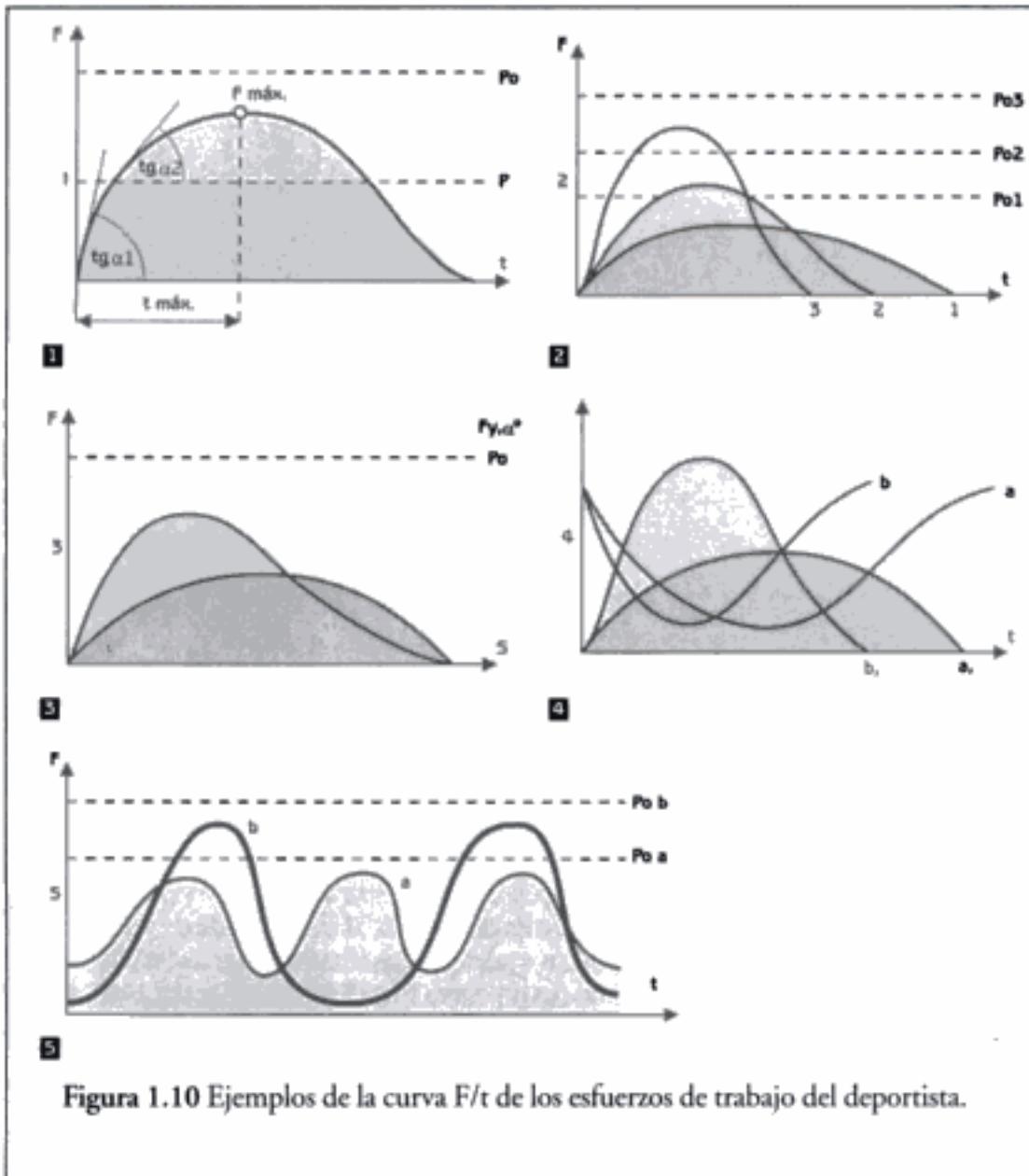
- P_0 : fuerza máxima de los músculos, que se mide por la magnitud de su esfuerzo límite isométrico sin limitaciones de tiempo;
- F_{\max} : magnitud máxima del esfuerzo de trabajo;
- t_{\max} : tiempo de consecución del máximo de esfuerzo;
- J : índice de la fuerza muscular explosiva, que representa la capacidad de desarrollar con rapidez el máximo de esfuerzo y se calcula mediante la relación F_{\max}/t_{\max} ;
- Q : índice de la fuerza de arranque, que representa la capacidad de los músculos de desarrollar con rapidez el esfuerzo externo al principio del trabajo y se calcula mediante la tangente $\operatorname{tg}\alpha_1$ del ángulo de inclinación respecto de la curva $F(t)$ al inicio de las coordenadas F y t .
- G : índice de la fuerza de aceleración (o de velocidad), que representa la velocidad de desarrollo del esfuerzo al principio del movimiento de la masa desplazada (P) y se calcula mediante la tangente $\operatorname{tg}\alpha_2$ del ángulo de inclinación respecto de la curva $F(t)$ en el momento P .

Además, para caracterizar las capacidades de fuerza conviene también destacar lo que se conoce como «fuerza relativa», calculada mediante la relación de P_0 o F_{\max} con el peso corporal del deportista.

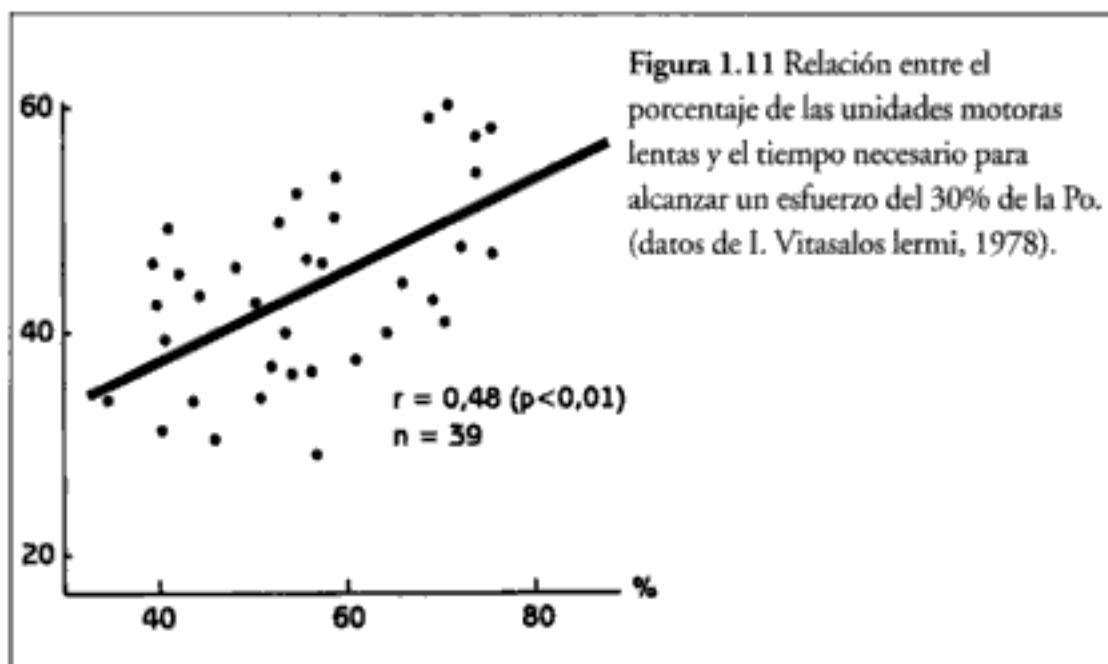
Está demostrado que la curva $F(t)$ de esfuerzo explosivo consta de tres componentes (Y. Verkhoshansky, 1959, 1963, 1970) y está determinada por las capacidades del sistema neuromuscular tales como:

- fuerza máxima de los músculos,
- capacidad para manifestar la fuerza rápida en el inicio de la contracción muscular (fuerza inicial),
- capacidad de desarrollar la fuerza explosiva una vez iniciado el movimiento (fuerza de aceleración).

42



La forma de la curva $F(t)$, es decir, el carácter de la manifestación del esfuerzo en el tiempo, depende de la magnitud de la resistencia externa, la amplitud del movimiento, la postura de salida y disposición relativa de los segmentos corporales, de la capacidad del deportista de realizar con velocidad su potencial energético y de otros factores.



Evolución del carácter de las interacciones externas del deportista con el aumento de la maestría

Con el aumento de la maestría deportiva el carácter de la manifestación del esfuerzo en el tiempo y el espacio atraviesa determinados cambios.

Por ejemplo, en la Fig. 1.11 se muestran las gráficas «fuerza-tiempo» [$F(t)$] y «fuerza-recorrido» [$F(S)$] del esfuerzo explosivo (movimiento de flexo-extensión de las piernas en posición sentada), obtenidas al principio y al final del período de entrenamiento de 6 meses de un deportista. Están agrupadas por ordenadas, correspondientes al momento en que el esfuerzo alcanza el valor del peso de la carga superada. Es fácil comprobar que para la gráfica $F(t)$ son características:

- una reducción del tiempo consumido para alcanzar el peso de la carga;
- un aumento del máximo de esfuerzo y un acercamiento del momento de su obtención al inicio del trabajo muscular de esfuerzo;
- una reducción de la duración general del esfuerzo;
- un aumento de la superficie abarcada por la curva $F(t)$ que está por encima del valor del peso superado.

44

Para la gráfica $F(S)$ son característicos:

- un desplazamiento del máximo de esfuerzo hacia el inicio del movimiento;
- un aumento de la superficie abarcada por la curva $F(t)$, que está por encima del valor del peso superado (P).

En el proceso de un entrenamiento a largo plazo, el perfeccionamiento del movimiento deportivo se produce de la siguiente manera (Fig. 1.10, gráfica 2):

- al principio se produce una mejora relativamente uniforme del esfuerzo;
- a continuación se da un aumento sustancial del máximo de esfuerzo, un desplazamiento hacia el inicio del movimiento y cierta reducción del tiempo consumido en el movimiento (curva 2),
- por último, un ulterior aumento del máximo de esfuerzo y de su concentración en el inicio mismo del movimiento, junto a cierta reducción del tiempo (curva 3).

En la evolución del carácter del componente de fuerzas del movimiento deportivo respecto de la amplitud de trabajo se aprecia a su vez una determinada regularidad (Fig. 1.10, gráfica 3). Al principio se observa cierto aumento de la fuerza en todas las amplitudes de trabajo. Como resultado del entrenamiento, se mejora el máximo de esfuerzo y se mues-

tra una tendencia a localizarlo en uno u otro sector de la amplitud de trabajo del movimiento (curva 2).

Por ejemplo, en los movimientos de fuerza-velocidad de tipo balístico con una resistencia externa relativamente baja, el esfuerzo se concentra en el sector inicial de la amplitud de trabajo (Fig. 1.10, gráfica 3). Frente a una resistencia más importante tiene lugar una tendencia a desarrollar con velocidad el esfuerzo para después concentrarlo en el centro de la amplitud de trabajo.

Así pues, el perfeccionamiento del efecto de trabajo del movimiento deportivo está relacionado con la manifestación de un elevado máximo de fuerza externa en el tiempo más corto posible. *Éste es el único camino posible que está condicionado por las particularidades anatómico-fisiológicas del sistema motor humano.*

En los ejercicios con régimen combinado (reversible) de trabajo muscular, en los cuales una fase de contracción excéntrica muscular precede al esfuerzo activo de trabajo (los ejercicios de salto del atletismo, el patinaje artístico, las acrobacias), la consecución del perfeccionamiento cualitativo del movimiento como resultado del entrenamiento (Fig. 1.10, gráfica 4) está en función de la mejora de la propiedad muscular de manifestar un gran esfuerzo en el momento de la transición desde un trabajo de frenado a uno de superación, unida a un rápido paso desde la extensión hacia la contracción y cierta reducción del tiempo de ejecución del movimiento (desde a_1 hasta b_1) y del ángulo de flexión de la articulación de trabajo (desde a hasta b). Esta propiedad ha sido explicada con todo detalle bajo la denominación de «capacidad reactiva del sistema neuromuscular» (Y. Verkhoshansky, 1959, 1963, 1970).

En los ejercicios de carácter cíclico (carreras, natación, remo), la mejora del efecto de trabajo se produce en función de la mejora de la capacidad de manifestar con velocidad el máximo de fuerza junto a un rápido y más profundo relajamiento de los músculos en la fase pasiva del movimiento (Fig. 1.10, gráfica 5). Al mismo tiempo, se aumenta la duración

relativa de la fase de aflojamiento y se rebaja hasta cierto punto el ritmo de los movimientos.

De este modo, el proceso de mejora del efecto de trabajo del movimiento, independientemente del régimen y de las condiciones externas de trabajo del sistema motriz, se ajusta a unos determinados principios. Dichos principios se expresan principalmente en el aumento del máximo de esfuerzo de trabajo y de la velocidad de su manifestación, en el desplazamiento del momento de obtención del máximo de esfuerzo, por principio, hacia el inicio del movimiento y en la reducción de su tiempo de ejecución. Las magnitudes de estos cambios son particularidades exclusivas de cada variedad deportiva. Esta mejora está condicionada por las reestructuraciones y adaptaciones que se generan dentro del organismo, caracterizadas predominantemente por:

- intensificación de la capacidad del sistema nervioso central de crear la potencia necesaria en el impulso supra-espinal dirigido hacia la periferia motora y asegurar los principales parámetros del programa motor de la coordinación intramuscular;
- especialización morfológica del sistema neuromuscular y adecuación al régimen de contracción específico;
- aumento de la potencia de los sistemas y del volumen de las fuentes de aporte energético de las actividades musculares de alta intensidad;
- reacción de interrelaciones especializadas entre los sistemas del organismo que garantizan un alto nivel en la capacidad de esfuerzo y trabajo en esas condiciones concretas de la actividad muscular de alta intensidad.

2

47

Mecanismos de trabajo del sistema locomotor del ser humano

Sea cual sea el movimiento efectuado por la persona, siempre se realizará con la ayuda de los mecanismos especializados de trabajo de su sistema locomotor.

Nociones sobre los mecanismos de trabajo del sistema locomotor del hombre

Los mecanismos de trabajo son los elementos funcionales del aparato locomotor que suministran al organismo la energía mecánica del movimiento y, a la vez, su aprovechamiento efectivo en relación con la tarea motora a resolver y sus correspondientes condiciones externas. Entre los principales mecanismos de trabajo del cuerpo conviene destacar:

- **Esfuerzo muscular de tracción**, como fuente principal de energía mecánica para el movimiento corporal del hombre. El principio del mecanismo para la transmisión del esfuerzo útil de los músculos que se contraen y la palanca ósea— las partes del cuerpo interrelacionadas por las articulaciones. La función dinámica de los músculos consiste en la aproximación de dos puntos del esqueleto que tienen partes contiguas.

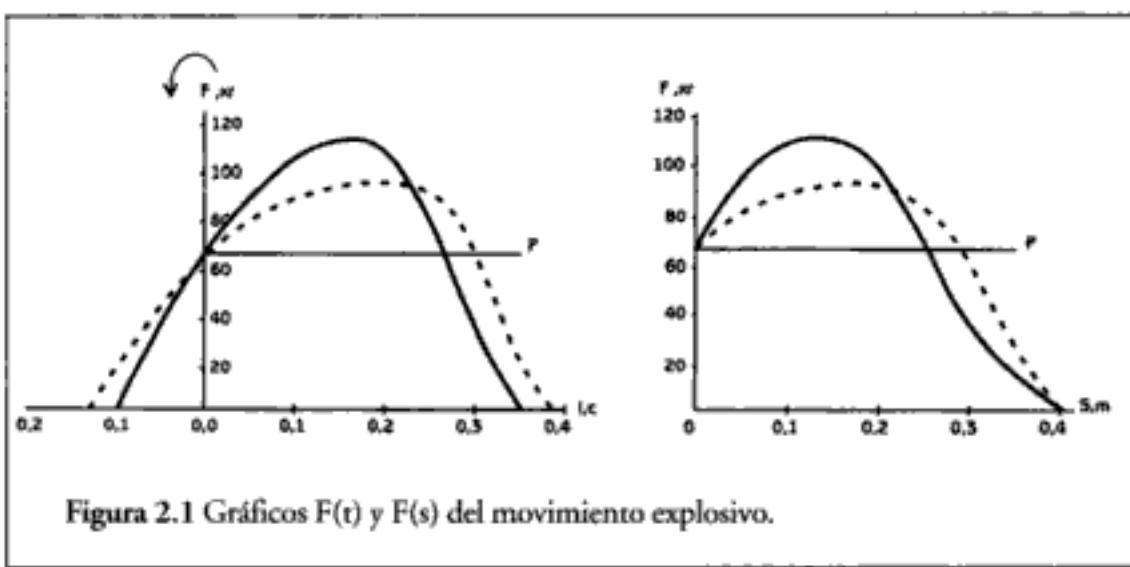


Figura 2.1 Gráficos F(t) y F(s) del movimiento explosivo.

- **Sinergias musculares:** actividad de trabajo coordinado de forma refleja de diferentes grupos musculares a nivel de una articulación o zona corporal concreta que provoca el movimiento del sistema de palancas del cuerpo en una dirección determinada. Representan el funcionamiento coordinado de los sinergistas y de sus antagonistas funcionales que vuelven al sistema cinemático. El mecanismo completo se realiza con los reflejos y difiere debido a la velocidad del movimiento y al valor de la resistencia externa que se tiene que superar. Por eso, la debida orientación de las sinergias musculares es uno de los objetivos para un eficaz funcionamiento de nuestro cuerpo.
- **Reflejos motores elementales y postural-tónicos (de la postura),** que se manifiestan como mecanismos innatos y muy básicos de movimiento universalmente comunes. Contribuyen al mantenimiento de la postura, toman parte en la organización de las acciones motrices complejas en calidad de elementos constituyentes y actúan sin un control consciente.
- **Propiedades elásticas de los músculos,** que garantizan la acumulación en su materia de la energía elástica complementaria (no metabólica) en el momento de su distensión mediante una fuerza externa (por ejemplo, en la amortiguación de la fase de apoyo en una carrera).

o unos ejercicios de salto). La deformación elástica de los tendones y músculos excitados durante su preestiramiento por la fuerza externa conlleva la acumulación de cierto potencial de tensión, la cual, cuando se inicia una contracción, podrá ser aprovechada como un suplemento considerable de fuerza, intensificando la potencia de la contracción muscular. Cuanto mayor es la contribución de este suplemento de fuerza al movimiento, mayor será su efecto de trabajo.

- **Sucesión racional de la incorporación al trabajo de los músculos con diferentes propiedades funcionales.** Por lo general, los primeros en incorporarse al trabajo son los grupos musculares menos rápidos pero más fuertes de las articulaciones proximales del cuerpo, que superan la resistencia de la inercia del cuerpo o del aparato deportivo. A continuación se activan los grupos musculares menos fuertes pero más rápidos, que sirven a las articulaciones distales y aumentan la velocidad del movimiento ya iniciado.
- **Tono del sistema muscular,** es decir, el estado de elasticidad de los músculos, condición indispensable para su preparación (ajuste fisiológico) de cara al movimiento o postura a ejecutar.

Como *biomecánicamente racional* entenderemos aquel complejo sistema de movimientos que está organizado de acuerdo con las particularidades anatómico-funcionales del sistema locomotor y permite utilizar con la máxima eficacia los mecanismos de trabajo que le son propios en las condiciones concretas del ejercicio motriz a realizar.

En el proceso de ejecución de cualquier ejercicio motriz, los mecanismos corporales de trabajo interactúan de un modo determinado y se unifican, como resultado de un entrenamiento sistemático, en un sistema racional de funcionamiento que aporta una mayor eficacia a todo el complejo motriz.

Los mecanismos de trabajo se establecieron y fijaron de forma hereditaria en el transcurso de la prolongada evolución del sistema locomotor humano. El entrenamiento deportivo no les aporta nada nuevo, tan sólo

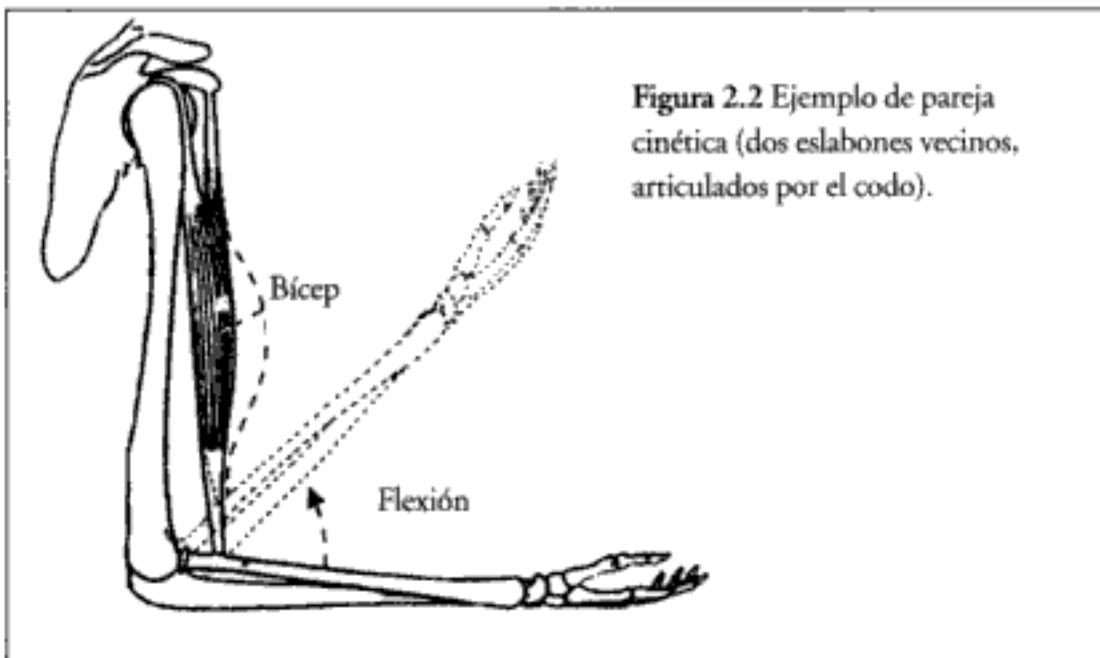
los conduce hasta un alto nivel de perfeccionamiento funcional, ajustando su coordinación y mejorando su potencial energético.

Ser consciente de las propiedades funcionales de los mecanismos corporales de trabajo y de su perfeccionamiento como resultado del entrenamiento posee *una importancia extraordinariamente significativa para la asimilación de una técnica deportiva racional y la elección de los procedimientos de la preparación especial en fuerza*. Analizaremos de forma sucinta estas propiedades –desde el punto de vista de la biomecánica–, en tres niveles de organización de los movimientos:

- nivel de par cinemático (dos palancas contiguas y unidas de forma móvil);
- nivel de cadena cinemática (unión sucesiva de una serie de palancas del cuerpo);
- nivel de sistema cinemático (totalidad de las cadenas cinemáticas en cooperación).

Par cinemático

El perfeccionamiento del movimiento a nivel de un par cinemático (Fig. 2.2) en función de su cometido está relacionado con el desarrollo de



la capacidad de manifestar un esfuerzo motriz de grandes proporciones, o con la ejecución del movimiento con una gran velocidad angular, o con ambas cosas a la vez.

Las principales particularidades del carácter y orientación del proceso de perfeccionamiento cualitativo del movimiento a nivel de par cinemático pueden expresarse como sigue:

1. Con el cambio de ángulo de la articulación se alteran las condiciones de trabajo de los músculos: cambia su longitud y el ángulo de la tracción. En consecuencia se modifica la fuerza de tracción y el punto de aplicación de la fuerza y, por consiguiente, también el momento de rotación de la fuerza muscular. Por ello, el máximo de fuerza externa desarrollado por los músculos se corresponde con el ángulo articular determinado de cada caso concreto.

Por ejemplo, en una flexión aislada del brazo, el máximo de fuerza de la articulación del codo se consigue con los 90°, en la extensión de la misma articulación, con los 120°, en la extensión de la articulación humeral, con los 60-70°, y en la extensión de la rodilla, con los 60°. Con todo, puede que al deportista entrenado la fuerza máxima no se le manifieste en un solo ángulo, sino en una serie de ángulos cercanos. En ese caso se habla de «zona de ángulos de fuerza máxima de la articulación».

2. Con el aumento de la fuerza muscular como resultado del entrenamiento, el carácter de la gráfica «fuerza-ángulo» en principio no se verá alterado. Sin embargo, la magnitud del aumento de fuerza en todas las amplitudes angulares del movimiento depende del ángulo articular en que se manifieste el máximo esfuerzo muscular durante el proceso de entrenamiento. En particular:

■ si se manifiesta en una posición correspondiente a la máxima longitud de los músculos activos (es decir, la mínima flexión de la articulación en caso de actividad de un músculo flexor o la mínima extensión en caso de actividad de un músculo extensor), entonces

el paso de la fuerza a otros ángulos articulares es relativamente uniforme;

- si el esfuerzo muscular máximo se produce en un estado reducido de los músculos activos, entonces el aumento de la fuerza es mayor; sin embargo, el paso del efecto del entrenamiento a otro ángulo articular es relativamente reducido y se produce en menor medida cuanto más se aleja del ángulo en el que se manifestó el máximo esfuerzo durante el entrenamiento.

52

-
- 3. En el ángulo articular al que corresponde el máximo esfuerzo manifestado en el entrenamiento se observa un aumento de la fuerza relativamente mayor que en los ángulos articulares próximos.
 - 4. El perfeccionamiento funcional del movimiento a nivel de par cinemático está relacionado a su vez con cierto aumento de la amplitud angular del movimiento de cara a obtener una mayor movilidad de la articulación. Aunque esto está relacionado en gran medida con los pares cinemáticos, la estructura articular está dotada de dos y tres grados de libertad (articulaciones tibiotarsiana, humeral e ilíaca).

La cadena cinemática

Los movimientos de trabajo del hombre se realizan por medio de un sistema de palancas —la cadena cinemática— en los que se modifican al mismo tiempo los ángulos de todas las estructuras articulares.

La principal función de trabajo de la cadena cinemática en el sistema motor consiste en la transformación de los movimientos articulares rotatorios en alargamientos o acortamientos en línea recta del sistema de trabajo de palancas (Fig. 2.3) o en el desplazamiento angular (respecto de una articulación proximal) de un punto de trabajo que se encuentre en el extremo distal del sistema de palancas (Fig. 2.4).

El efecto de trabajo del movimiento ejecutado por la cadena cinemática varía más de acuerdo con las diferentes condiciones (disposición re-

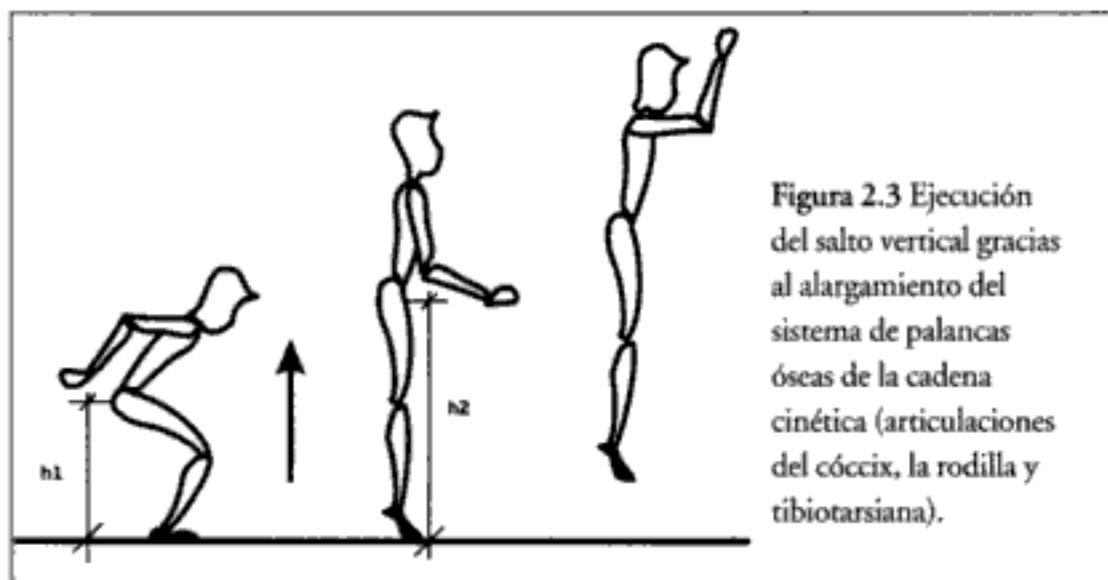


Figura 2.3 Ejecución del salto vertical gracias al alargamiento del sistema de palancas óseas de la cadena cinética (articulaciones del cóccix, la rodilla y tibiotarsiana).

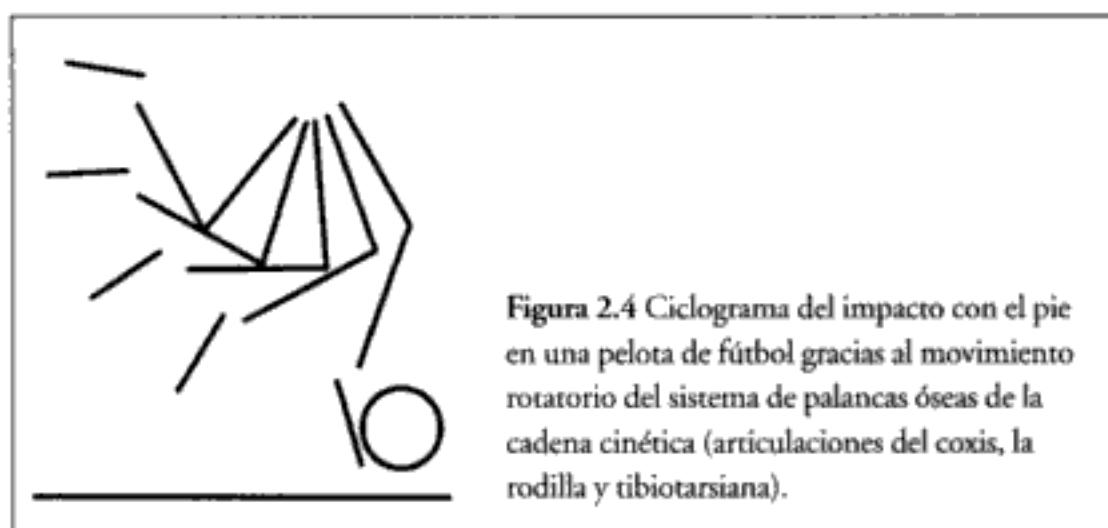


Figura 2.4 Ciclograma del impacto con el pie en una pelota de fútbol gracias al movimiento rotatorio del sistema de palancas óseas de la cadena cinética (articulaciones del coxis, la rodilla y tibiotarsiana).

lativa de las palancas que la forman, capacidades motoras de los diferentes grupos musculares, etc.) estando más sujetos a las alteraciones cualitativas y cuantitativas, en el transcurso del ejercicio, que al efecto del trabajo en el par cinemático. El proceso de perfeccionamiento cualitativo de los movimientos que van a ser realizados por la cadena cinemática está asegurado por tres factores principalmente:

- crecimiento del amplitud de trabajo;
- concentración del esfuerzo dinámico en el ángulo específico;

- interacción racional de los músculos que intervienen en el movimiento.

El incremento de la amplitud de trabajo del movimiento está garantizado a costa de una mayor flexibilidad articular y un aumento del nivel de elasticidad y de las capacidades de fuerza de los respectivos grupos musculares, teniendo una amplitud de movimiento en la cadena cinemática abierta por los dos lados de sus ángulos inicial y final.

54

Las particularidades de la ejecución del movimiento en la cadena cinemática son las siguientes:

1. En el carácter de la manifestación del esfuerzo de trabajo durante el transcurso del movimiento destacan con claridad dos tendencias:
 - disminución de la fuerza de tracción de los músculos hacia el final del movimiento (sobre todo en caso de régimen balístico de trabajo), que se expresa con más fuerza cuanto menor es la resistencia exterior y más rápido es el movimiento;
 - crecimiento y concentración del esfuerzo de trabajo en un ángulo determinado de la amplitud del movimiento.
2. El esfuerzo de trabajo empleado por la cadena cinemática se nutre del trabajo en colaboración de los grupos musculares que sirven a cada una de sus estructuras. En este marco:
 - el esfuerzo resultante es menor que la suma de esfuerzos máximos de que son capaces los músculos de cada par cinemático;
 - la importancia de las fuerzas máximas que se desarrollan en cada articulación muestra una menor correlación con los resultados deportivos que el esfuerzo total manifestado por toda la cadena cinemática; con el desarrollo de la maestría esta correlación aumenta de manera significativa;
 - las relaciones funcionales entre los grupos musculares que sirven a la cadena cinemática se establecen de tal modo que el movimiento em-

pieza en los músculos más potentes de las articulaciones proximales (músculos propulsores de la cadena cinemática) y, a continuación, entran en acción las palancas distales que incrementan la velocidad del movimiento.

El proceso de perfeccionamiento funcional del movimiento a nivel de la cadena cinemática se produce de la siguiente manera:

1. Se aumenta la amplitud de trabajo del movimiento, lo cual es posible gracias a una mayor movilidad en las articulaciones y a un aumento de la elasticidad de los músculos antagonistas. Así pues:

- ante una carga externa reducida es característica la tendencia al aumento de la amplitud del movimiento, independientemente de la zona de ángulos de máxima fuerza de cada articulación;
- ante una gran carga exterior y la ausencia de fuentes supplementarias de fuerza que aligeren el movimiento, lo característico es un acortamiento de su amplitud de trabajo, relacionado con una tendencia a acercar la posición de trabajo a la zona de ángulos de máxima fuerza;
- ante una gran carga externa con presencia de fuentes energéticas supplementarias (la fuerza de la inercia, la energía elástica del esfuerzo muscular), se manifiesta la posibilidad de cierta mejora de la amplitud de trabajo con una salida de los ángulos articulares de la zona de máxima fuerza.

2. Se aumenta el máximo de esfuerzo motor:

- ante una resistencia externa relativamente reducida en caso de trabajo muscular balístico, el máximo de esfuerzo se concentra en el ángulo inicial de la amplitud de trabajo;
- ante una gran resistencia externa, el máximo de esfuerzo se concentra en el centro o en la segunda mitad de la amplitud de trabajo.

3. En los movimientos de tipo balístico se perfecciona y fija el orden racional de incorporación al trabajo de los músculos de la cadena cinemática, lo que permite manifestar de forma consecutiva sus particularidades funcionales (la capacidad para el esfuerzo potente y la velocidad de contracción) en el transcurso del movimiento.

Sistema cinemático

56

El sistema cinemático posee una considerable cantidad de grados de libertad. Por ello, el proceso de perfeccionamiento funcional del movimiento a medida que se examina desde el par cinemático hasta el sistema cinemático depende cada vez más de una organización racional y una dirección central de la actividad de las articulaciones motrices. Sin embargo, los factores biomecánicos de cada caso siguen jugando un papel esencial.

La particularidad antes examinada del perfeccionamiento cualitativo del movimiento en la cadena cinemática es también aplicable en todo punto al sistema cinemático. La diferencia radica tan sólo en la cantidad de grupos musculares que cooperan de forma funcional. En esta cooperación, los primeros en entrar en acción son los grupos musculares más

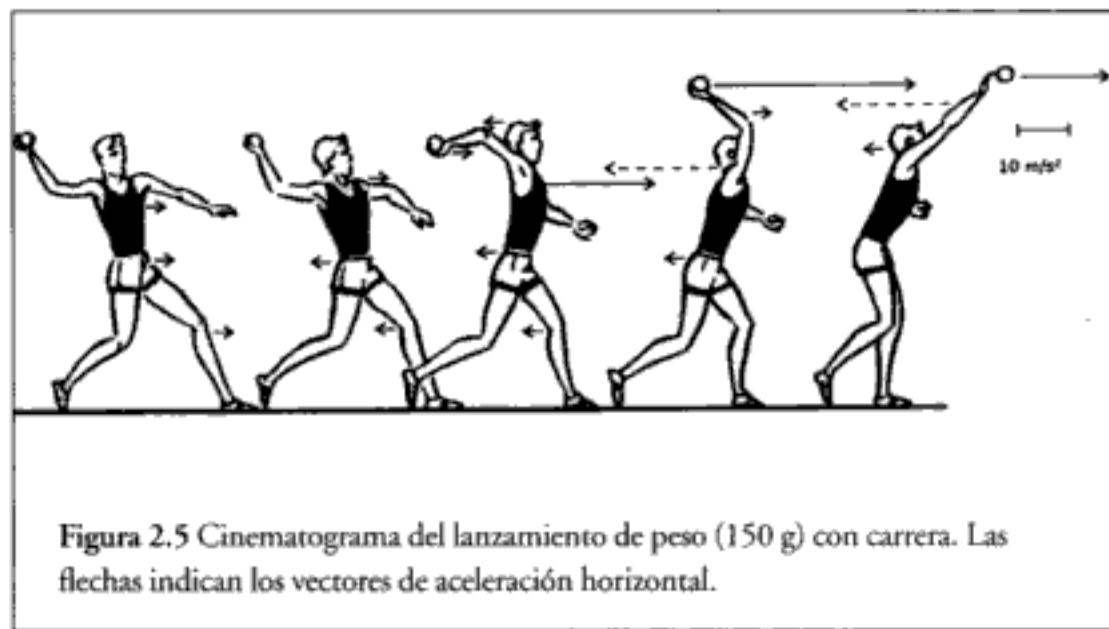


Figura 2.5 Cinematograma del lanzamiento de peso (150 g) con carrera. Las flechas indican los vectores de aceleración horizontal.

fuertes de las piernas y del torso, seguidos de los músculos de la cintura y de las extremidades superiores, como puede observarse en la Figura 2.5.

De este modo, el perfeccionamiento cualitativo del movimiento a nivel del sistema cinemático está relacionado con la determinación del modo más racional de unificar las diferentes cadenas cinemáticas y sus diversos mecanismos propios de trabajo en un solo mecanismo. La lógica de la organización de dicho mecanismo se hace patente con el análisis de lo que se conoce como estructura biodinámica de la acción motora compleja, que se examinará en el próximo capítulo.

3

Sistemas energéticos en el trabajo muscular

No puede completarse ningún movimiento sin cierto gasto de energía. Cuanto más intenso y prolongado sea el esfuerzo y cuanto mayor sea la cantidad de grupos musculares que participan en la actividad, más energía se necesitará.

En calidad de abastecedores de energía para el movimiento humano figuran los procesos de intercambio (reacciones metabólicas) presentes en el organismo y, en particular, en los músculos activos e inactivos. La única fuente directa de energía para la contracción muscular es el adenosín trifosfato (ATP), que atañe a los enlaces de fosfato de alta energía (macroenergéticos). En caso de disociación (hidrólisis), el ATP se convierte en difosfato de adenosina (ADP) con lo que se libera un grupo fosfato y se cede la energía libre.

Para que las fibras musculares puedan mantener cualquier contracción prolongada, es imprescindible un constante restablecimiento (resíntesis) del ATP con la misma rapidez con la que se libera.

La resíntesis en el músculo puede producirse por dos vías: la anaeróbica (sin participación de oxígeno) y la aeróbica (con participación de oxígeno). Para la formación y utilización del ATP en calidad de fuente inmediata de energía de los músculos en una contracción, pueden actuar tres mecanismos químicos (energéticos):

- fosfagénico o de la fosfocreatina,
- glucolítico o del lactato,
- oxidativo o del oxígeno.

Los dos primeros mecanismos –la fosfocreatina y la glucólisis– funcionan por la vía anaeróbica, mientras que el tercero –el de oxidación– lo hace por la aeróbica.

En estos mecanismos de resíntesis del ATP se emplean diversos substratos energéticos. Se definen por su *capacidad energética*, es decir, por la cantidad máxima de ATP que pueden resintetizar gracias a la energía de estos mecanismos, y por su *potencia energética*, es decir, por la cantidad máxima de energía desprendida de una sola vez (la cantidad máxima de ATP que se transforma de una sola vez). La capacidad del sistema energético limita el volumen máximo y, su potencia, la intensidad tope del trabajo que se lleva a cabo gracias a la energía de un mecanismo dado. El principal papel de cada uno de ellos en la resíntesis del ATP dependerá de la intensidad y duración de la contracción muscular, así como de las condiciones de trabajo de los músculos, incluyendo su nivel de aporte de oxígeno.

En el aporte de energía para el trabajo muscular juega un papel destacado la fosfocreatina (PC). La reacción de fosforilación entre PC y ADP catalizada por la enzima creatinaquinasa, garantiza una resíntesis del ATP extraordinariamente rápida, que se produce ya en el momento de la contracción muscular.

A diferencia de otros substratos energéticos, en los músculos no se restablece en exceso el nivel de ATP después del trabajo, ni se produce un acusado aumento bajo la influencia del entrenamiento. Los músculos entrenados se contentan con la cantidad invariable de ATP porque en ellos crece de forma sustancial la posibilidad de disociarlo y resintetizarlo de forma anaeróbica y aeróbica, puesto que de este último modo no sólo se consume más rápido y en mayor medida, sino que también se resintetiza de manera más rápida y completa. Los grupos fosfagenos de ATP ri-

cos en energía de los músculos entrenados se renuevan mucho más rápido y, por ello, la misma concentración de ATP basta para la ejecución de un trabajo significativamente mayor.

A continuación examinaremos de forma sucinta los mecanismos fundamentales de aporte energético del trabajo muscular.

Mecanismo de la fosfocreatina (PC)

Este mecanismo proporciona una resíntesis instantánea del ATP a costa de la energía de otro enlace fosfagénico de alta energía: la PC. En comparación con otros mecanismos, la fuente de PC es la que posee la mayor potencia, que es por ejemplo 3 veces superior a la potencia máxima del mecanismo glucolítico y de 4 a 6 veces mayor a la del mecanismo oxidativo de resíntesis del ATP; es por ello, el mecanismo de la PC juega un papel decisivo en el aporte energético de los trabajos de máxima potencia (el impulso inicial en las carreras de velocidad, los esfuerzos musculares cortos de carácter explosivo). Ya que las reservas de ATP y PC en los músculos son limitadas, la capacidad del mecanismo PC no es muy grande y el trabajo de máxima potencia ejecutado mediante este mecanismo no puede prolongarse mucho en el tiempo, del orden de 6 a 10 s.

61

Mecanismo glucolítico

El mecanismo glucolítico contribuye a la resíntesis de ATP y PC gracias a la división anaeróbica de los hidratos de carbono –glucógeno y glucosa– con formación de ácido láctico (lactato). Como una de las condiciones de activación de la glucólisis se encuentra la disminución de la concentración de ATP y el aumento de la concentración de los productos de su división: el ADP y el fósforo inorgánico. Con ello se activan los enzimas glucolíticos clave (fosfofructoquinasa, fosforilasa) y se refuerza la glucólisis.

A medida que se acumula el lactato en el proceso de la glucólisis, la reacción activa de los medios internos (pH) se desplaza al lado ácido y se produce una inhibición de la actividad de los enzimas glucolíticos, lo cual reduce la velocidad de la glucólisis y la cantidad de energía (ATP) formada de una sola vez. Por ello, la capacidad de la fuente glucolítica de energía viene limitada en gran medida no por el contenido de los correspondientes substratos sino por la concentración de lactato en la sangre. En relación con esto, cuando se ejecuta el trabajo muscular contando con el empleo del mecanismo glucolítico jamás se produce un agotamiento brusco del glucógeno en los músculos que trabajan y mucho menos en el hígado.

Una parte del lactato que se ha formado en el momento del trabajo se oxida en los músculos; la otra parte pasa a la sangre y va a parar a las células del hígado, donde se emplea para la síntesis del glucógeno. A su vez, el glucógeno se divide hasta convertirse en glucosa, que pasará a los músculos por medio de la sangre y será la fuente para la resíntesis del glucógeno muscular consumido durante el trabajo.

La potencia del mecanismo glucolítico es 1,5 veces superior a la del de oxidación, y su capacidad energética es 2,5 veces más grande que la del mecanismo de la fosfocreatina.

Mecanismo de oxidación

El mecanismo de oxidación favorece la resíntesis del ATP en condiciones de aporte ininterrumpido de oxígeno a las mitocondrias de las células musculares y emplea, en calidad de substratos de oxidación, hidratos de carbono (glucógeno y glucosa), grasas (ácidos grasos) y, de forma parcial, proteínas (aminoácidos).

La correlación entre substratos oxidados se determina por la potencia relativa del trabajo aeróbico (en % del consumo máximo de oxígeno –CMO–). Si se ejecuta un trabajo ligero a un nivel del 50% del CMO con una duración extrema de hasta algunas horas, una gran parte de la

energía para la contracción de los músculos se forma gracias a la oxidación de grasas (lipólisis). Cuando el trabajo es más pesado (más de un 60% del CMO), una parte significativa de la producción de energía procederá de los hidratos de carbono. En caso de un trabajo cercano al CMO, la inmensa mayoría de la producción de energía correrá a cuenta de la oxidación de hidratos de carbono.

El mecanismo de oxidación es el que posee la mayor capacidad energética. La capacidad del aporte energético de los hidratos de carbono está determinada por las reservas de glucógeno en músculos e hígado, así como por la posibilidad del hígado de formar glucosa durante el proceso de trabajo no sólo mediante la división de glucógenos (glucogenólisis), sino también mediante la formación de glucosa (gluconeogénesis) a partir de lactato y otras substancias (aminoácidos, piruvato, glicerina) que lleguen al hígado con la sangre.

De todas las fuentes musculares de energía, las grasas son las que proporcionan la mayor capacidad energética, lo que las hace muy convenientes para la ejecución de trabajos largos de potencia relativamente baja con un aporte de oxígeno pleno. No obstante, los hidratos de carbono tienen una seria ventaja frente a las grasas en cuanto a cantidad de ATP que se forma por cada oxígeno consumido. En este sentido es especialmente eficaz la oxidación del glucógeno muscular, que presenta la mayor eficacia energética, dos veces mayor que en la oxidación de grasas.

Suplemento

El perfeccionamiento del sistema de aporte energético del trabajo muscular es uno de los principales objetivos de la preparación física especial (PFE). Por esto, es necesario concentrar la atención sobre algunas cuestiones que están fuera de las concepciones tradicionales sobre las fuentes y los mecanismos de aporte energético del trabajo muscular. En los inicios de los años 60, se crearon ciertas concepciones sobre las dife-

rentes fuentes en el aporte energético (R. Margaria et al., 1963, 1967). Según esas concepciones, en el inicio de un trabajo físico intenso, los mecanismos energéticos deben ser movilizados como en la secuencia presentada en la figura 3.1. Primero, la energía es abastecida, principalmente, por el gasto del ATP y del PC. La activación de la disociación anaeróbica del glucógeno se inicia después de que las reservas del ATP y PC se hayan agotado (6-10 segundos) obteniendo la máxima intensidad en el primer-segundo minuto de esfuerzo; esta energía será suficiente para algunos minutos de actividad muscular intensa. Se consideró que con una carga submáxima, el lactato no se producía en el caso de que se consiguiera un nivel constante de consumo de oxígeno (3-5 minutos). El crecimiento de la concentración de lactato en la sangre está limitado por la primera fase del trabajo cuando comienza a faltar oxígeno. Por eso, el lactato es producido para garantizar la creación indispensable de ATP,

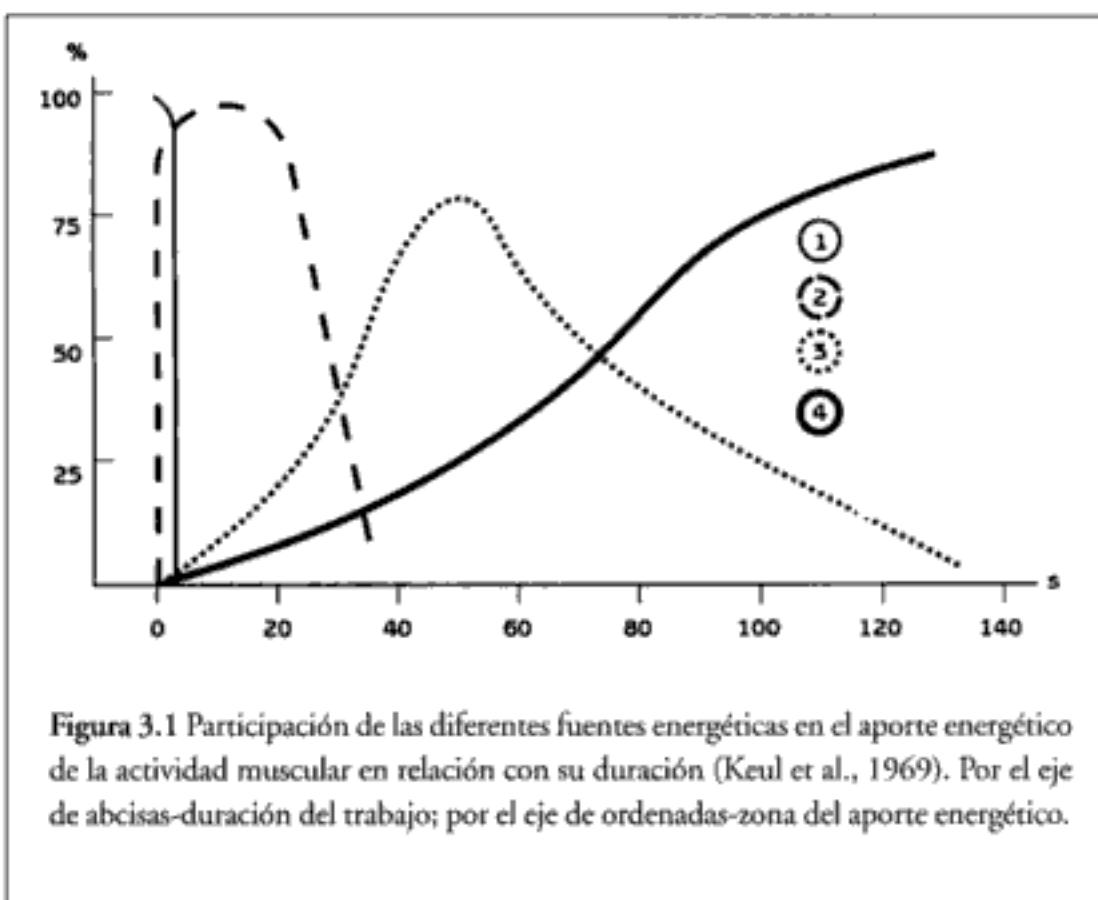


Figura 3.1 Participación de las diferentes fuentes energéticas en el aporte energético de la actividad muscular en relación con su duración (Keul et al., 1969). Por el eje de abcisas-duración del trabajo; por el eje de ordenadas-zona del aporte energético.

hasta los momentos en que los mecanismos aeróbicos asuman ese proceso. La eficacia del trabajo está garantizada principalmente por el aporte de oxígeno a los músculos y está limitada por el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$ máx). Esta concepción se volvió popular en la literatura y hasta ahora influye en la resolución de los problemas metodológicos del entrenamiento. El lector podrá encontrar la exposición detallada en cualquier material didáctico de fisiología del deporte.

Queda claro que el carácter lineal mencionado en lo referente al mecanismo de aporte de energía, como es propio de la clasificación de las fuentes energéticas del trabajo muscular, queda "un poco fuera de la realidad" (Di Prampero, 1981).

En la medida en que se amplían las investigaciones histoquímicas y el perfeccionamiento de su tecnología (microbiopsia con aguja, catéteres intravasculares, elenostroscopia molecular), las concepciones formadas sobre la energética del trabajo muscular se completan por nuevas informaciones. Ha quedado claro que los principales cambios en el mecanismo de aporte del trabajo físico dependen de las reestructuraciones concretas morfológicas en los propios músculos; de su cambio en las características en la contracción y de la oxidación. Aparte de esto, el mecanismo de aporte de energía en el trabajo muscular intenso es mucho más complicado de lo que se pensaba antes.

■ Por ejemplo, la glucólisis se inicia en la fase de paso del estado de reposo para el trabajo intenso; el trabajo más corto (dos segundos) de intensidad máxima se realiza con la participación parcial de energía de la glucólisis anaeróbica; así, el levantamiento (arrancada) de la haltera en dos veces, con el 80% del peso máximo, podrá activar los procesos glucolíticos, teniendo en cuenta que el calentamiento que se realizó antes también aumentó la concentración de lactato en la sangre. En varias obras, se constata que en el caso de ejercicios de potencia creciente, la concentración de lactato en la sangre aumentará desde su inicio y continuará creciendo en el tiempo como una carga submáxima. La producción de lac-

tato no siempre dependerá de las condiciones anaeróbicas, puesto que el músculo producirá el lactato en condiciones puramente aeróbicas, esto es, en el caso de aporte suficiente de oxígeno. Una precisa medición de la concentración de oxígeno en los músculos se ha mostrado por encima del nivel crítico aunque el trabajo haya sido lo más intenso posible. Por esto, la necesidad de funcionamiento del mecanismo glucolítico no está condicionado por la falta de oxígeno (como siempre fue considerado), pero, sí por las bajas características cinéticas de las respectivas reacciones bioquímicas que garantizan la resíntesis del ATP por medio de los procesos oxidativos. Por esto mismo, sería más correcto y coherente considerar la producción de lactato como una parte de los procesos metabólicos (aeróbicos y anaeróbicos) en la renovación del ATP y el PC tanto en la fase inicial como durante toda la carga física.

- Siempre se ha considerado que los sustratos de los ácidos grasos podían ser aprovechados sólo al final de una actividad muscular de gran duración y poca intensidad, pues la hiperglucemia y el lactato acumulado en la sangre inhibirían la lipólisis en el tejido graso obstaculizando así el aprovechamiento de los sustratos lipídicos como fuente energética. Se concluía como resultado en el entrenamiento: a mayor nivel de entrenamiento, menor disminución de la lipólisis. Aparte de la reestructuración del intercambio lipídico en los deportistas de alto nivel, se observa una participación activa de los hidratos de carbono en el aporte general energético del organismo. Pero con el crecimiento del nivel deportivo, se nota una influencia recíproca más débil en la concentración del lactato sobre la dinámica positiva de las formas de transporte de los lípidos de la sangre en condiciones de carga competitiva. Por esto, los deportistas aprovechan la fuente más eficaz y la economía de aporte en el trabajo considerando el alto volumen energético de los lípidos.
- Se encuentra una característica más en el aporte de trabajo muscular duradero de intensidad diferente. Según la concepción de R. Marga-

ria et al. (1963, 1964), la función del mecanismo de la fosfocreatina en la resíntesis del ATP termina en el inicio del trabajo físico intenso, y la activación de la disociación anaeróbica del glucógeno, acompañada de la producción de lactato, no se realiza hasta que las reservas de los fosfágenos no estén agotadas. Pero las investigaciones en el sistema del metabolismo energético del miocardio y después en los músculos esqueléticos aplicaron las concepciones del papel de la fosfocreatina en el aporte energético de la actividad muscular intensa. Antiguamente, el transporte intracelular de la energía era considerado un proceso simple de la difusión del ATP, de las mitocondrias hacia los centros activos de la miosina, pero ahora ha quedado claro que el mecanismo de la fosfocreatina es un transporte universal de energía desde los lugares de producción (mitocondrias y citoplasma) hacia los lugares de su uso, las miofibrillas.

Si consideramos que las mitocondrias son impenetrables para el ATP, pero dejan pasar la PC, ése sería el transporte de los grupos fosfatos de las mitocondrias hacia el saco plasma y viceversa. Cuando la fosfocreatina cede su grupo fosfato al ADP, fuera de las mitocondrias, la creatina penetrará en las mitocondrias, donde recibirá el ATP ya creado por el grupo fosfato. A continuación, la fosfocreatina volverá hacia el sarcoplasma, donde de nuevo entrará en reacción con el ADP, regenerando el ATP. Este proceso es ininterrumpido y su intensidad está determinada por la correlación del ATP/ADP en el sarcoplasma. Cuanto mayor sea el consumo de ATP y el crecimiento de la concentración del ADP, más intenso será el proceso. Por ello, en función del fortalecimiento del papel del transporte energético de la fosfocreatina en los músculos de las personas bien entrenadas con ejercicios de resistencia, la glucólisis deberá realizarse a una velocidad más baja que la de las personas no entrenadas. El nivel de trabajo y de consumo de oxígeno deberá ser el mismo, lo que, por esto, deberá llevar a una disminución de la velocidad de agotamiento de las reservas de glucosa en los músculos y a la formación de lactato en el caso de ejercicios submáximos. Por esto, la glucólisis debe ser considerada un dispositivo muy útil que asegura el trabajo muscular. Los nuevos datos

sobre la función de la fosfofructoquinasa y del transporte energético en la realización de las contracciones musculares durante la fosforilización respiratoria amplían los conocimientos sobre la energética de la actividad muscular. Este mecanismo es más complicado que el sistema tradicional lineal del desarrollo de los procesos de la fosfocreatina, glucolítico y de la oxidación en la resíntesis del ATP. Esto implica una necesidad en la búsqueda de medios más efectivos no tradicionales y de los métodos de desarrollo adecuado del mecanismo de la fosfocreatina y su función en el transporte energético en las modalidades deportivas donde ella domina y es el sistema energético localizado en las mitocondrias. Es muy importante el desarrollo de esa capacidad especial en las modalidades deportivas que necesitan resistencia (Y. Verkhooshanski, A.A. Charyeva, 1983, 1985).

La concepción más integral y multilateral del régimen de funcionamiento del organismo en el transcurso de una actividad deportiva concreta y competitiva sirve de base para perfeccionar la concepción tradicional de las fuentes y de los mecanismos de aporte energético de la actividad muscular intensa. La tensión psicológica y emocional activada todos los ejes del sistema simpático-adrenal, lo que provocará el incremento de la liberación de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina)-hormonas de las glándulas suprarrenales. Esto garantiza una intensificación de la actividad del corazón que es necesaria para un trabajo muscular intenso y para la redistribución racional del flujo sanguíneo, aumentando la capacidad de movilización y utilización de los productos energéticos. La adrenalina, por ejemplo, está estimulando el sistema cardiovascular, activando los procesos de oxidación en el organismo e intensificando la actividad de los enzimas que participan en las reacciones de la oxidación de los substratos energéticos. Nadie ignora que antes del inicio de las competiciones crece el intercambio de gases, las pulsaciones por minuto, las concentraciones de glucosa y de lactato en la sangre. Tales cambios son específicos debido a las particularidades del aporte energético a la actividad deportiva. Por ejemplo, en el caso de los juegos de-

portivos, crece el nivel de la concentración de glucosa en la sangre; en el caso de los mediofondistas, crece el nivel de ácido láctico. El estado emocional provoca los cambios de la regulación cortical.

Siendo así, el ambiente competitivo altera considerablemente el medio interior del organismo, como la velocidad de movilización de las funciones, el desarrollo y el aprovechamiento de las fuentes de aporte energético al trabajo muscular.

■ Muchas formas de carga física y, principalmente, en las condiciones de la actividad deportiva, implican una participación de diferentes tipos de fuentes energéticas. Los cambios del metabolismo muscular no deberán ser considerados como un proceso progresivo, lineal, si no, más bien, la suma de los cambios del metabolismo que tienen lugar en ciertas células musculares (P. Bollnick, L. Hernansen, 1973; Di Prampero, 1981). Por ejemplo, una contribución específica de diferentes tipos de producción energética realizando ejercicios cortos en el tiempo y con máxima intensidad por los deportistas de élite son los siguientes: ciclismo, atletismo, juegos deportivos (Fig. 3.2).

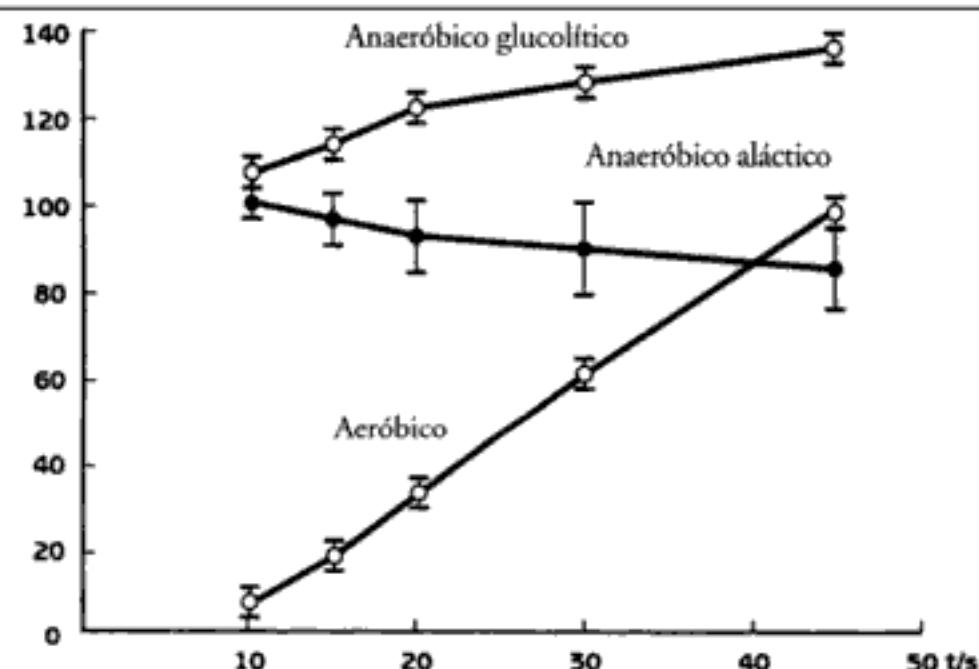


Figura 3.2 Peso específico de los diferentes tipos de producción energética en la realización de ejercicios de intensidad límite y de corta duración.

Con un tiempo de hasta 10 segundos desde el inicio del esfuerzo, la vía anaeróbica aláctica garantizará el 50% de toda la producción energética total; la glucólisis, alrededor del 47,3% y la vía anaeróbica el 2,7%; con un tiempo de esfuerzo de 10 a 20 segundos, 40, 49 y 11%, respectivamente. Después, en el aláctico de 20 a 45 segundos, la parcela de la producción energética anaeróbica disminuye hasta el 30%; la de la glucólisis hasta el 44,2%; crece la anaeróbica hasta el 25,6% y la potencia máxima anaeróbica puede ser garantizada durante los primeros 5,3 segundos en un 51,2% por el proceso aláctico de la producción energética, 47% por el glucolítico y 1,8% por el aeróbico.

4

Estructura morfológica y propiedades funcionales de los músculos esqueléticos

71

La capacidad de trabajo de los músculos esqueléticos viene determinada en gran medida por su estructura morfológica, su potencial energético y sus propiedades funcionales específicas: de *contracción, de oxidación y elásticas*.

Para escoger y organizar de forma correcta la carga del entrenamiento es imprescindible saber:

- cuáles son en concreto las propiedades funcionales que mayor capacidad de trabajo aportan a los músculos en una variedad deportiva dada,
- cuáles son los procedimientos y métodos más racionales para desarrollar estas propiedades.

Composición de los músculos

Los músculos esqueléticos del hombre poseen la capacidad tanto de contraerse con rapidez y manifestar un esfuerzo considerable como de trabajar de forma prolongada en condiciones de creciente agotamiento. Tal universalidad funcional procede ante todo de la estructura morfológica de los músculos, en cuya composición se encuentran fibras contráctiles rápidas y lentas (Tabla 4.1).

Las *fibras lentas* (tipo I) están más adaptadas para efectuar contracciones relativamente pequeñas en cuanto a fuerza que son características del trabajo prolongado de resistencia. Las *fibras rápidas* (tipo II) no poseen una gran resistencia, aunque están más preparadas para contracciones rápidas y fuertes, pero de corta duración.

Las fibras lentas y rápidas se diferencian por su principal manera de producir energía. Las fibras lentas emplean sobre todo la vía aeróbica de la oxidación para la resíntesis del ATP, mientras que las rápidas se valen de la vía anaeróbica de la glucólisis para producir la energía.

Entre las fibras musculares rápidas pueden apreciarse dos subtipos, que se diferencian por la actividad de los enzimas de oxidación y glucólisis: rápidas oxido-glucolíticas (subtipo IIA) y rápidas glucolíticas (subtipo IIB). Desde un punto de vista funcional, las fibras del tipo IIA se consideran intermedias entre las fibras lentas (tipo I) y las rápidas (tipo II).

En cargas de baja intensidad de trabajo entran en acción las fibras del tipo I y, a medida que va aumentando esa intensidad, las del subtipo IIA y después las del IIB (Fig. 4.1). Cuando la intensidad de la carga de trabajo sea muy alta entrará en acción un número cada vez mayor de fibras del subtipo IIB, que están mejor preparadas para la glucólisis anaeróbica.

Las fibras del tipo II son más propensas a la producción de lactato, mientras que las del tipo I extraen lactato de la sangre y de las del tipo II de forma ininterrumpida y lo oxidan. En las fibras del tipo II, el metabolismo funciona de forma más rápida que en las del tipo I, de ahí que la diferencia de rapidez en el devenir de estos procesos permita la acumulación de lactato en músculos y sangre. El entrenamiento intensivo mejora las propiedades de oxidación de las fibras del tipo I y, por consiguiente, la capacidad de los músculos de utilizar el lactato.

La correlación entre fibras musculares lentas y rápidas no es siempre la misma en cada caso, y eso es lo que determina las propiedades funcionales de los músculos. Cuanto mayor sea el porcentaje de fibras rápidas en los músculos, tanto más capacitados estarán para el trabajo de corta duración y gran potencia. Por el contrario, cuanto mayor sea el porcenta-

je de fibras lentas, más resistentes serán los músculos y más capacitados estarán para el trabajo prolongado (Fig. 4.2).

Así pues, de lo dicho se desprende que en los deportistas que se especialicen en modalidades deportivas que exijan resistencia un gran porcentaje de las fibras serán del tipo I, mientras que en los velocistas y representantes de modalidades deportivas de velocidad-fuerza habrá una mayor proporción de fibras del tipo II (Fig. 4.3 y 4.4). Estas diferencias son el resultado de la selección de deportistas con una u otra correlación congénita de fibras musculares de diferente tipo.

Tabla 4.1 Características de las fibras musculares

<i>Tipo</i>	<i>Tensión máxima</i>	<i>Resistencia aerobia</i>	
Lenta	Baja	Excelente	Ejercicio ligero
Lenta	Alta	Buena	Ejercicio moderado
Rápida	Alta	Pobre	Ejercicio máximo

(D. Costill et al., 1980)

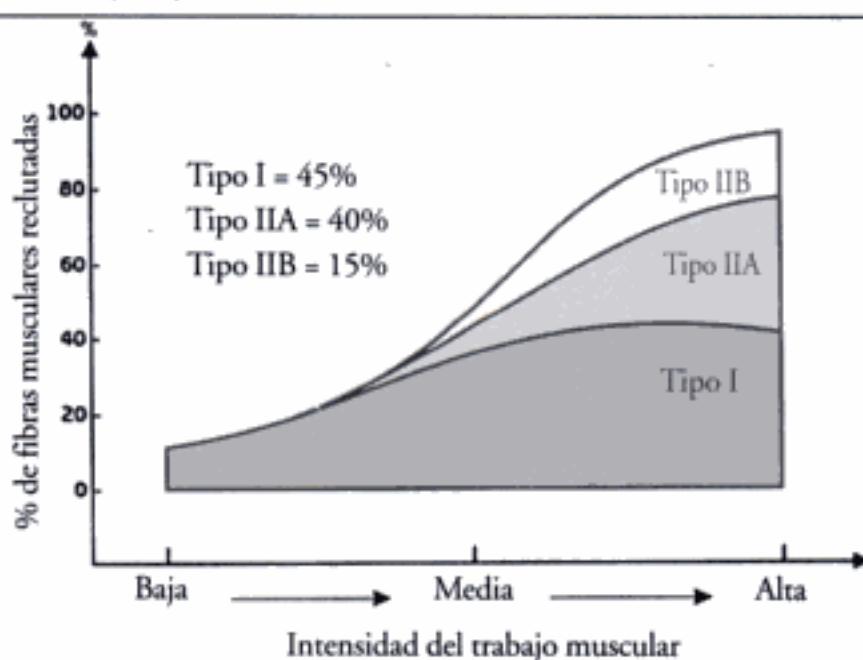


Figura 4.1 Incorporación al trabajo de los diferentes tipos de fibra muscular en función de la intensidad del trabajo (D. Costill et al., 1980, modificado).

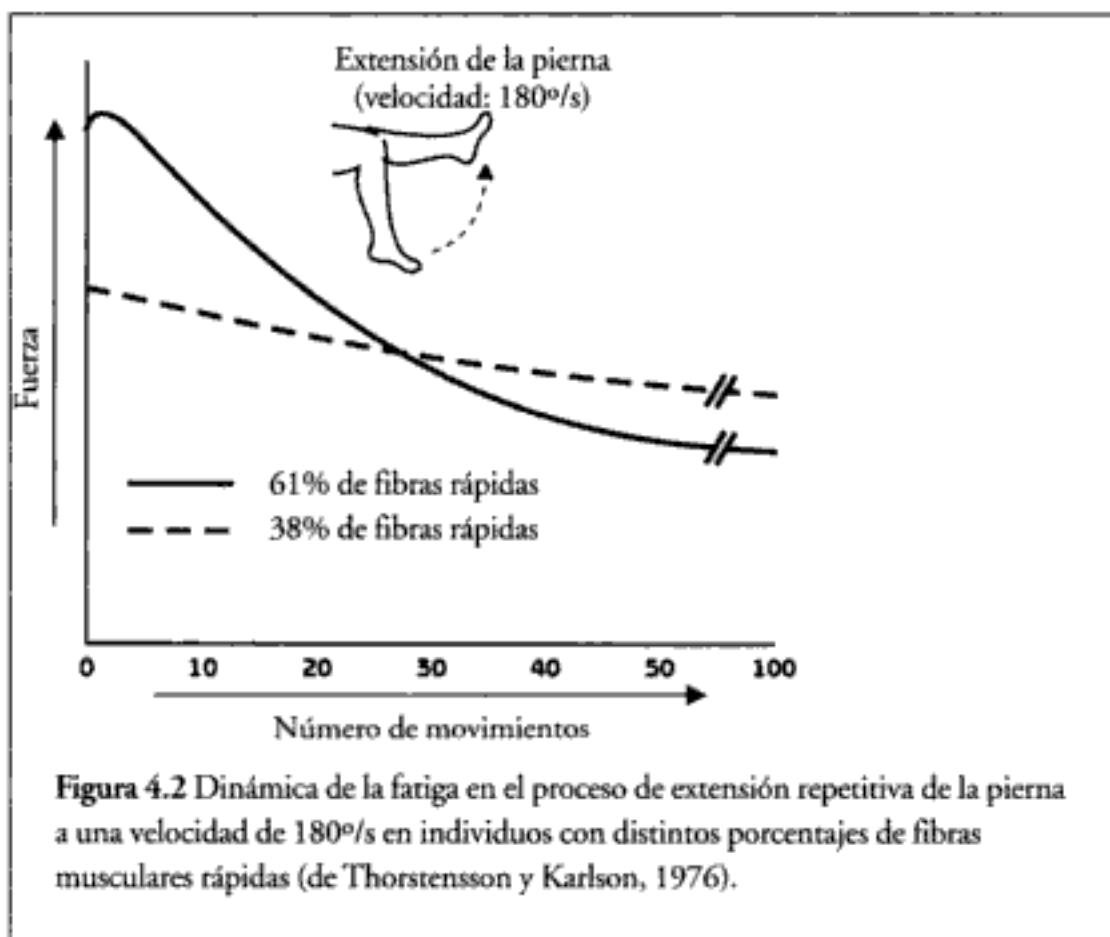


Figura 4.2 Dinámica de la fatiga en el proceso de extensión repetitiva de la pierna a una velocidad de 180°/s en individuos con distintos porcentajes de fibras musculares rápidas (de Thorstensson y Karlsson, 1976).

Se cree de forma general que la relación entre los dos tipos fundamentales de fibras es el resultado de factores genéticos, aunque el efecto de un entrenamiento prolongado no puede excluirse por completo. Se ha establecido a ciencia cierta que el entrenamiento conduce a un cambio en la correlación de la superficie que las fibras de ambos tipos ocupan en las secciones transversales de los músculos. Por ejemplo, como resultado de un entrenamiento en fuerza se aumenta el porcentaje de superficie ocupada por las fibras del subtipo IIB y se reduce la superficie ocupada por las del tipo I.

En los deportistas que se han adaptado a un trabajo intensivo de resistencia a menudo no es posible eliminar las fibras del tipo IIB, porque se produce, en apariencia, una conversión total del tipo IIB al IIA. Sin embargo, la hipótesis de la transformación de fibras del tipo I a fibras del tipo II no ha sido demostrada.

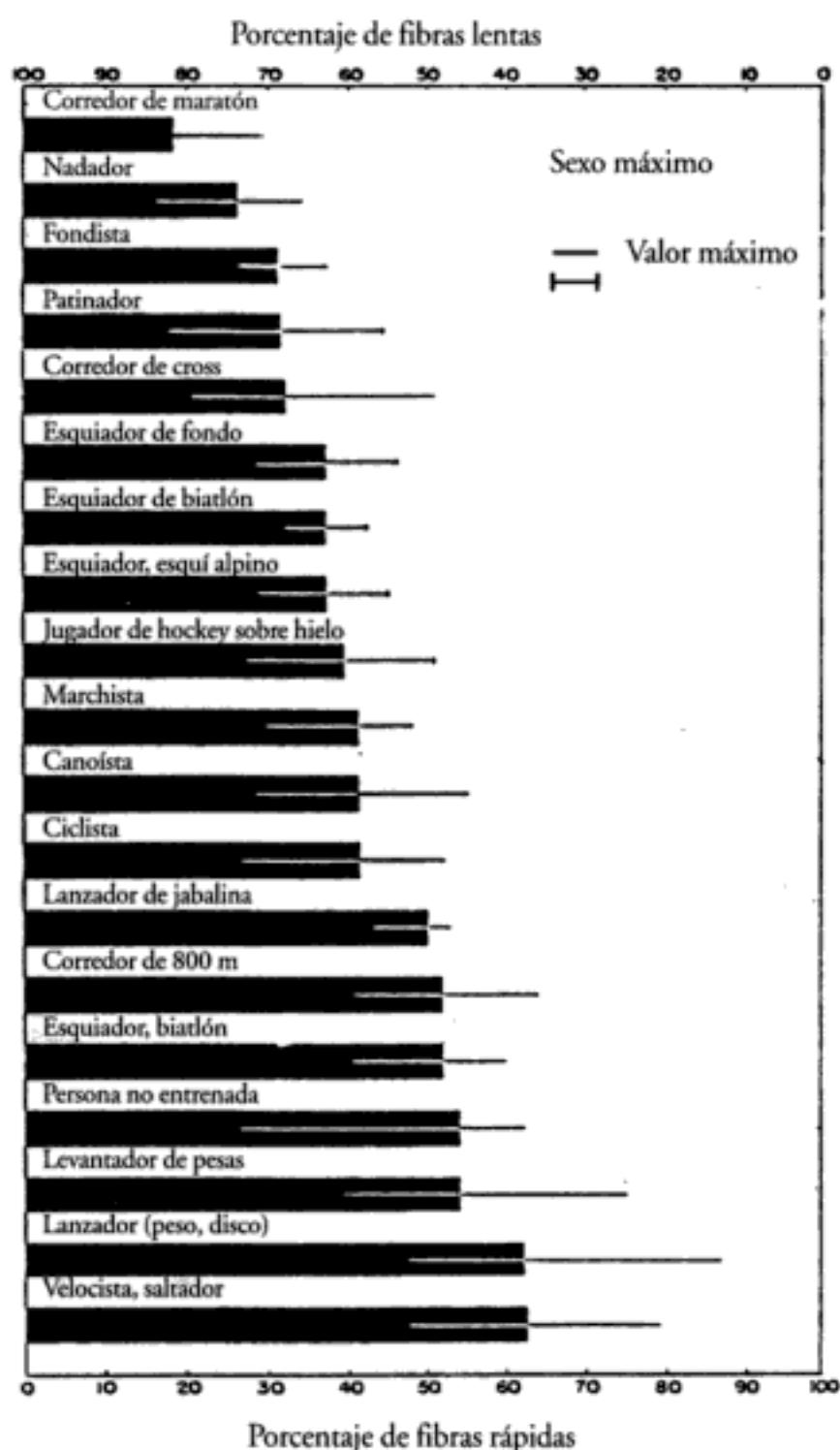


Figura 4.3 Composición muscular: porcentaje de fibras lentas y rápidas en varones representantes de diferentes modalidades deportivas (datos unificados).

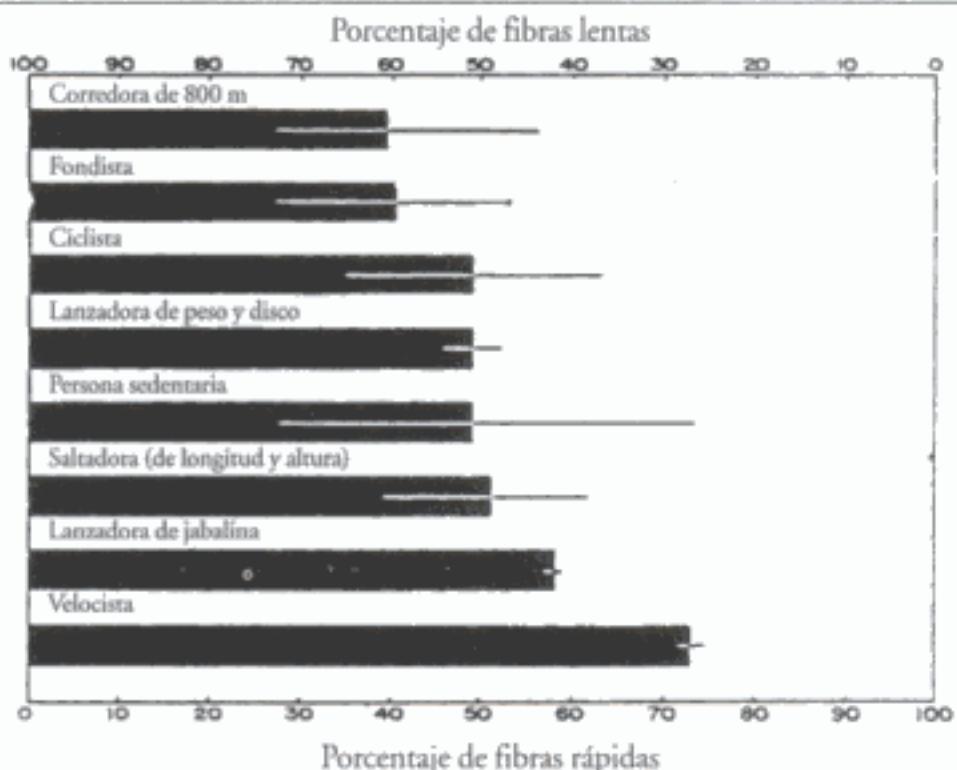


Figura 4.4 Composición muscular de mujeres representantes de diferentes modalidades deportivas (datos unificados).

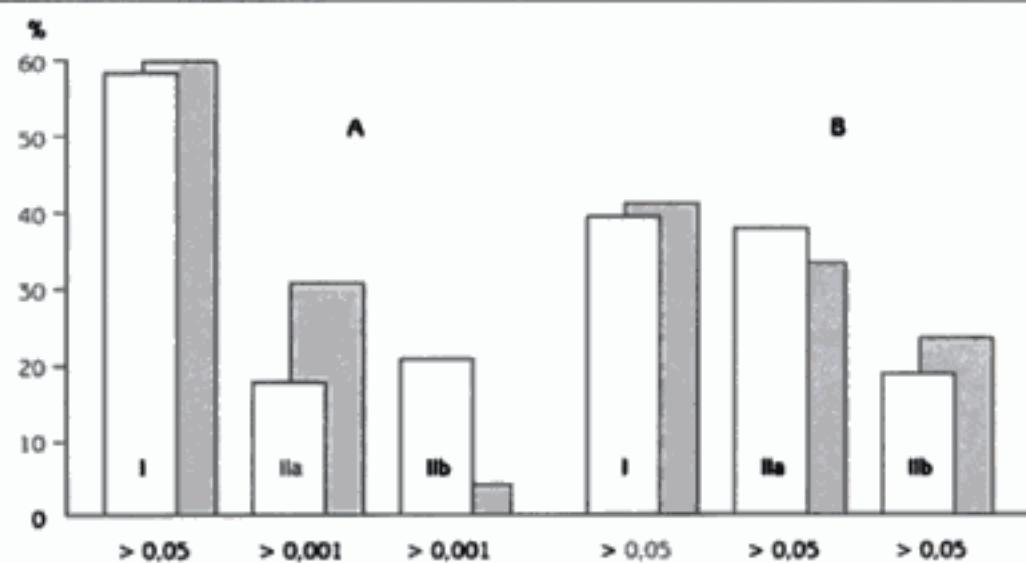


Figura 4.5 Influencia de las diferentes orientaciones de entrenamiento en la composición porcentual de los diversos tipos de fibra muscular en el músculo vasto externo del muslo de los deportistas. A = entrenamiento de resistencia (remo, n = 61); B = entrenamiento de velocidad-fuerza (patinador velocista, n = 10).

En la Fig. 4.5 se muestran los resultados de un estudio que confirma la veracidad de las conclusiones expuestas arriba. En concreto, es fácil comprobar que el entrenamiento, con independencia de su orientación (velocidad y fuerza o resistencia), no influye en la proporción de fibras del tipo I presentes en los músculos esqueléticos.

El entrenamiento en resistencia se enfoca hacia una reducción de la proporción de fibras del tipo IIB acompañada de un aumento de las fibras del tipo IIA. El entrenamiento en fuerza y rapidez no ha ejercido una influencia clara en la correlación de fibras de los tipos IIA y IIB, aunque se observa una tendencia a cierto aumento de la composición de fibras IIB y una reducción de las IIA (V. Azvikov, 1988).

Propiedades de contracción y regulación del esfuerzo de los músculos esqueléticos

La contracción de los músculos esqueléticos surge como respuesta a impulsos nerviosos que proceden de unas células nerviosas especiales: las motoneuronas de la médula espinal. Las largas extensiones de estas células (axones) salen de la médula espinal por encima de sus raíces anteriores y forman los nervios motores. Cada motoneurona inerva de 5-10 a 2.000 fibras musculares, formando un complejo funcional denominado unidad motora (UM) (Fig. 4.6).

Bajo la influencia del impulso motor todas las fibras nerviosas de la UM se contraen al mismo tiempo y con la máxima fuerza. La contracción del músculo en su totalidad y la magnitud del esfuerzo desarrollado por él se regula y dosifica de forma fina y precisa por medio de la excitación de un número diferente de unidades motoras. La elección de la composición, momentos de entrada en acción y regulación del grado de esfuerzo (acortamiento) de los músculos necesaria para ello la lleva a cabo el sistema nervioso central (Fig. 4.7).

Para regular la tensión muscular se emplean tres mecanismos:

- regulación de la cantidad de UM (motoneuronas) activas de un músculo dado;
- regulación de su régimen de trabajo (frecuencia de impulsión de las motoneuronas);
- regulación de la relación temporal de activación de las UM (motoneuronas).

Regulación de la cantidad de unidades motoras activas

78

La unidad motora (UM) se activa bajo la influencia de los impulsos que le llegan desde sus motoneuronas y a los cuales responden sus fibras musculares con la contracción. Cuanto más se active la UM, más esfuerzo desarrollará el músculo.

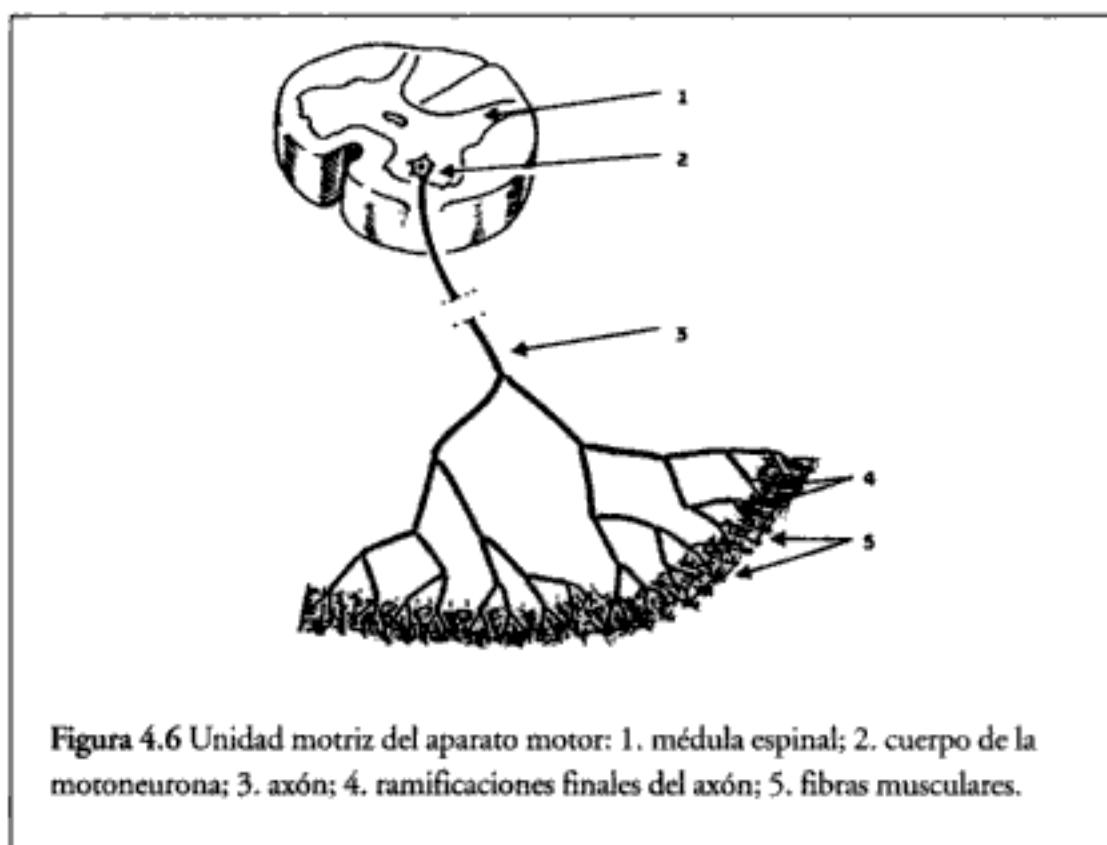


Figura 4.6 Unidad motriz del aparato motor: 1. médula espinal; 2. cuerpo de la motoneurona; 3. axón; 4. ramificaciones finales del axón; 5. fibras musculares.

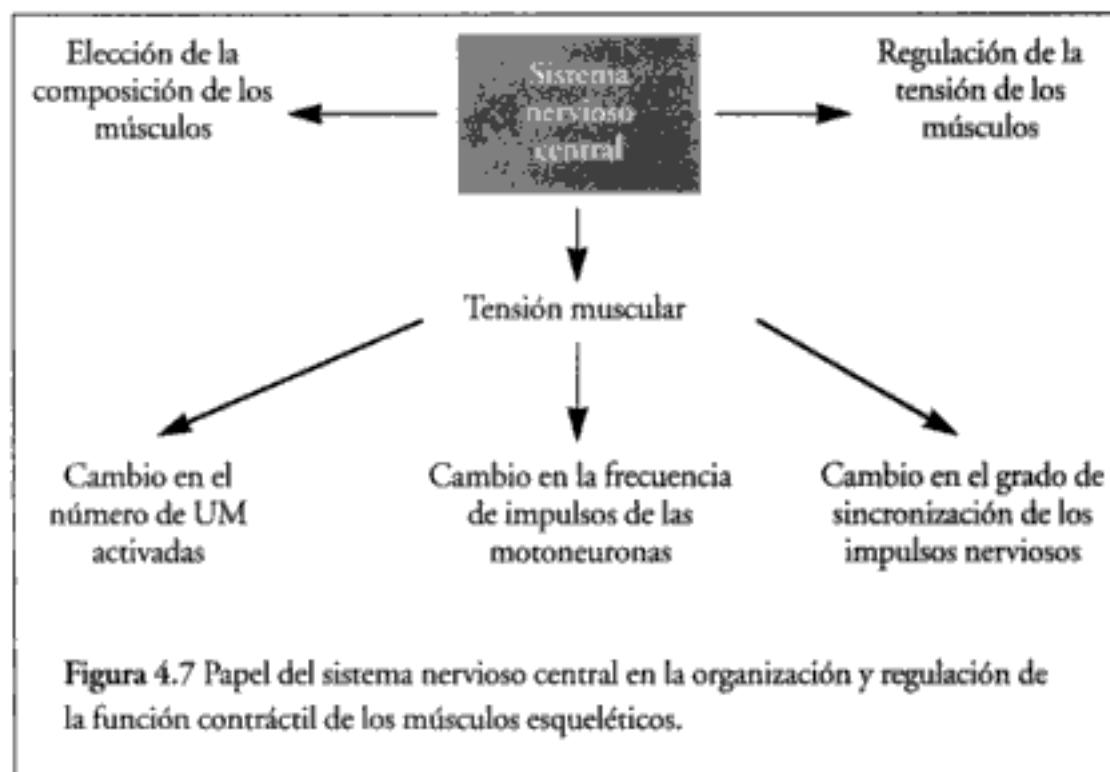


Figura 4.7 Papel del sistema nervioso central en la organización y regulación de la función contráctil de los músculos esqueléticos.

En otras palabras, *cuanto mayor sea la cantidad de fibras musculares que entren en acción, por ejemplo, al levantar un peso, menor será la carga que recaiga sobre cada una de ellas y más rápida será su contracción y, por tanto, mayor la velocidad para desplazar el peso*.

La cantidad de UM activas viene determinada por la intensidad de la excitación que los niveles motores más altos ejercen sobre las motoneuronas de un músculo dado. A medida que aumenta la influencia de la excitación se incorporan a la actividad motoneuronas de mayores dimensiones (de alto umbral de excitación) y por ello los grandes esfuerzos de los músculos quedan garantizados por la actividad de las UM tanto lentas como rápidas (Fig 4.8).

Ante un trabajo muscular prolongado, que implique contracciones de los músculos relativamente moderadas (por ejemplo, en el maratón o las carreras de esquí), se activan en primer lugar las UM lentas con bajo umbral de excitación. Gradualmente, a medida que se prolonga el trabajo, la capacidad de contracción de las fibras musculares de estas UM se va

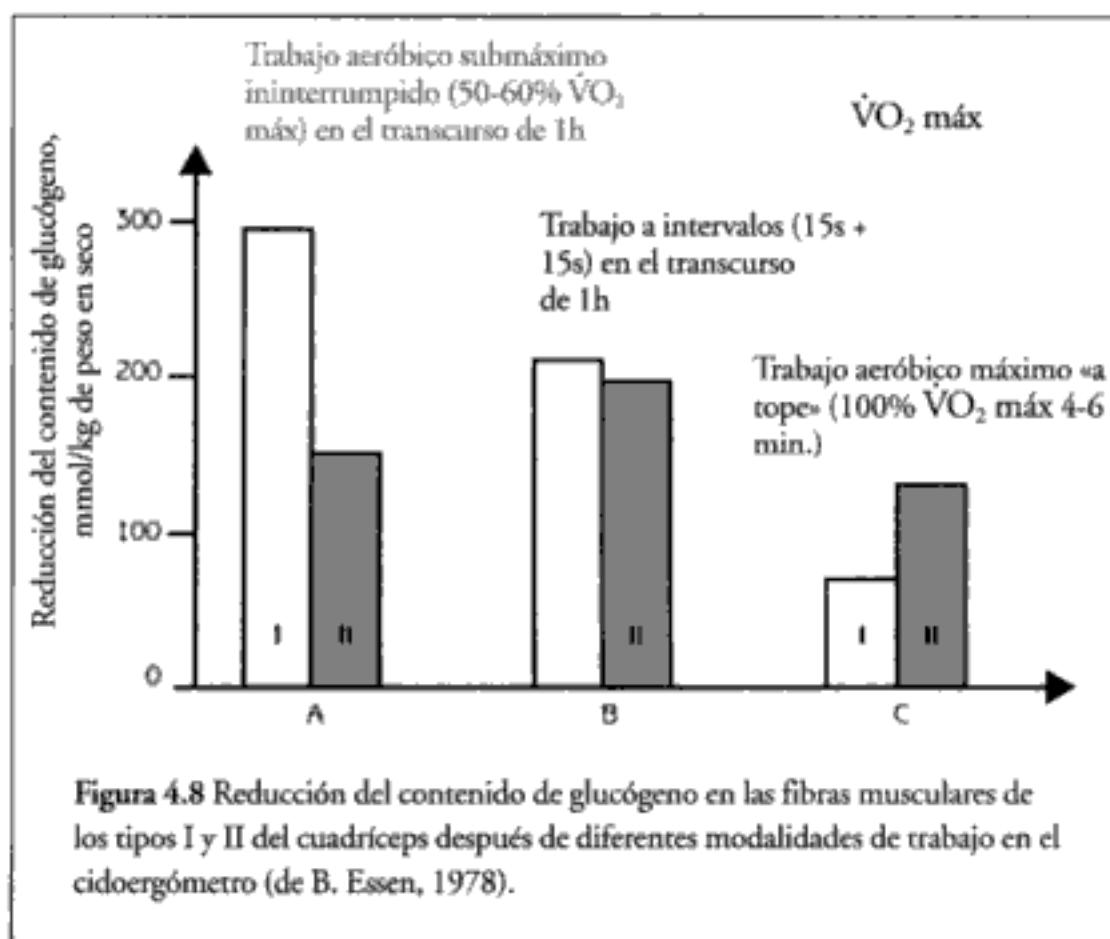


Figura 4.8 Reducción del contenido de glucógeno en las fibras musculares de los tipos I y II del cuadríceps después de diferentes modalidades de trabajo en el cidoergómetro (de B. Essen, 1978).

reduciendo de manera gradual, dado que al principio del trabajo prolongado el glucógeno se consume fundamentalmente en las fibras musculares lentas y en los músculos se desarrolla cansancio.

Para mantener la fuerza necesaria para la contracción de los músculos, los centros motores intensifican el grado de excitación de las motoneuronas de los músculos activos, lo cual conduce a la activación de las UM con alto umbral de excitación (grandes), inactivas o poco activas en el nivel anterior inicial de excitación. Al mismo tiempo, el esfuerzo muscular marcado por una fuerte contracción de los músculos exige una participación activa desde el mismo principio de las fibras musculares tanto lentas como rápidas. Por ello, en los trabajos de gran potencia el consumo de glucógeno en las fibras musculares rápidas empieza en el mismo inicio del trabajo, al igual que en las fibras musculares lentas.

Todo lo dicho hasta ahora se ilustra en la Figura 1.18, donde puede comprobarse que en el trabajo ininterrumpido de intensidad submáxima a niveles de consumo de oxígeno del 50-60% del CMO (A), el gasto de glucógeno en las fibras lentas (tipo I) es significativamente mayor que en las fibras rápidas (tipo II).

En otro caso (B), se empleó un entrenamiento interválico en un régimen de 15s de trabajo y 15s de descanso (potencia cercana al 100% del CMO). En este caso, el consumo de glucógeno en las fibras musculares lentas y rápidas fue aproximadamente el mismo, pero en las fibras rápidas (tipo II) ese gasto fue significativamente superior que en el primer caso (A).

En el tercer caso (C), el trabajo al nivel del CMO se realizó «a tope» durante el transcurso de 4-6 minutos, y el consumo de glucógeno en las fibras rápidas fue mayor que en las lentas.

Regulación del régimen de contracción de las unidades motoras

La regulación del grado de tensión de los músculos se realiza mediante el cambio de la frecuencia de impulsión de las motoneuronas. *Cuanto mayor (dentro de unos límites determinados) sea la frecuencia de impulsión de la motoneurona, mayor será la tensión que desarrolle la UM y más importante su aportación a la tensión global del músculo. Es especialmente importante el papel de este mecanismo en la regulación de la tensión de las UM rápidas.*

La frecuencia de impulsión de las motoneuronas rápidas crece de forma ostensible con el aumento de la fuerza de contracción muscular. Las motoneuronas rápidas con un elevado umbral de excitación entran en acción (complementando a las lentas) sólo para garantizar las contracciones isométricas y dinámicas relativamente importantes en cuanto a fuerza, de manera que se incremente la velocidad de aumento del esfuerzo de trabajo de los músculos o se transmita al objeto desplazado la aceleración necesaria. Cuanto mayor sea la fuerza y la velocidad del movimiento (po-

tencia de trabajo), mayor será la participación de UM rápidas con elevado umbral de excitación (grandes).

Regulación del reclutamiento temporal de las UM (motoneuronas)

La tensión de un músculo depende de cómo estén conectados en el tiempo los impulsos enviados por las diferentes motoneuronas del músculo en cuestión.

Si la UM trabaja en un régimen de contracciones aisladas, pero de forma asincrónica, entonces la tensión global del músculo oscila de manera insignificante. Cuanto mayor sea la cantidad de UM que se contrae de forma asincrónica, menor será la oscilación en la tensión de los músculos. En conformidad, el movimiento se ejecutará con mayor suavidad y se sostendrá la postura necesaria con mayor precisión. En condiciones normales, la mayoría de UM de un músculo trabaja de forma asincrónica, con independencia unas de otras, lo cual contribuye a la normal suavidad de su contracción.

Cuando el cansancio hace su aparición en el trabajo muscular, se ve perturbada la actividad normal de las UM. Empiezan a excitarse al mismo tiempo (sincrónicamente). En consecuencia, el movimiento pierde su suavidad y ve alterada su precisión.

En caso de contracciones poco prolongadas o al principio de cualquier contracción muscular fuerte, la sincronización de los impulsos de activación de las motoneuronas juega un importante papel, pues influye en la velocidad de desarrollo de la tensión.

Cuanto mayor sea la coincidencia en los ciclos de contracción de las diferentes UM al principio del desarrollo de la tensión muscular, más rápido aumentará ésta. Esta sincronización de los impulsos de activación a menudo se observa al principio de la ejecución de los movimientos rápidos efectuados contra una gran carga externa. Esto tiene mucho que ver con el hecho de que al principio de la descarga la frecuencia de impulsión de las motoneuronas es mayor que en lo sucesivo.

Gracias a la elevada frecuencia inicial de impulsión y activación de un gran número de motoneuronas, la probabilidad de coincidencia de los ciclos de contracción de muchas UM (sincronización) al principio del movimiento es muy alta. De este modo, *la velocidad del aumento de la tensión del músculo (fuerza explosiva) depende tanto de la cifra de UM activadas como de la frecuencia inicial y grado de sincronización de los impulsos de las motoneuronas de ese músculo dado.*

Propiedades de oxidación de los músculos

Las propiedades oxidativas caracterizan la capacidad de un músculo para utilizar el oxígeno que le llega en el momento del trabajo (resíntesis aeróbica del ATP) y oxidar (transformar) metabolitos, es decir, productos incompletamente oxidados de los substratos energéticos: hidratos de carbono, grasas, proteínas.

El potencial oxidativo general de las células de la musculatura esquelética viene determinada por la densidad volumétrica de mitocondrias y la actividad de las enzimas oxidantes.*

Los músculos de los deportistas –sobre todo si el entrenamiento ha sido enfocado hacia el desarrollo de la resistencia– se distinguen por una mayor densidad de mitocondrias, que se consigue gracias a un aumento tanto de su número como de su tamaño. Su potencial oxidativo y, por consiguiente, el consumo de oxígeno es significativamente superior al de los individuos no entrenados. Como resultado se reduce la producción de lactato en los músculos durante el trabajo y su concentración en la sangre.

* Las mitocondrias son componentes estructurales de las células musculares; en ellas se produce la energía necesaria para la contracción de los músculos.

* Los enzimas son los catalizadores biológicos que activan los procesos de oxidación en las células musculares.

La mejora de las propiedades oxidativas de los músculos posee una enorme importancia para las modalidades deportivas que exigen un desarrollo de la resistencia. En este caso, el trabajo que anteriormente superaba la capacidad de los músculos de generar energía de forma aeróbica conducía a una rápida acumulación de lactato en la sangre y al cansancio, se convierte a resultas del entrenamiento en un trabajo ejecutado dentro de los límites del metabolismo aeróbico. Esto está relacionado en gran medida con las fibras del tipo II, que en los individuos no entrenados presenta una capacidad de oxidación limitada. En estas fibras, las mitocondrias pueden aumentar hasta 4 veces o más en respuesta a un entrenamiento exigente de la resistencia. Con todo, en las fibras musculares del tipo IIA se registra un aumento relativamente superior en la densidad volumétrica de las mitocondrias que en las fibras del tipo I o IIB, que pueden alcanzar un nivel propio de las fibras del tipo I en los individuos poco preparados.

La traducción específica de los avances en las propiedades oxidativas de los músculos esqueléticos depende del carácter y la duración de la carga del entrenamiento. Así, un trabajo prolongado en el nivel del umbral aeróbico conduce a un cambio primordial en las propiedades oxidativas de las fibras del tipo I, mientras que un entrenamiento interválico de alta intensidad afecta sobre todo a las fibras del tipo IIB. Aquí, sin embargo, es importante destacar de inmediato que, en la práctica, el empleo del entrenamiento interválico de alta intensidad para la mejora de las propiedades oxidativas de las fibras del tipo IIB es permisible *sólo después de que se haya logrado previamente un aumento de las propiedades oxidativas de las fibras del tipo I*.

Queda por reseñar otro efecto importante del entrenamiento en resistencia. El metabolismo del lactato, como es sabido, pueden llevarlo a cabo diversos tejidos (corazón, músculos esqueléticos, hígado). Aun así, el lugar fundamental para la oxidación del lactato en el organismo que se entrena en resistencia *son los músculos esqueléticos. Cuanto mayores sean sus propiedades oxidativas, menor será la acumulación de lactato en la sangre*

durante el trabajo y más rápido se conseguirá la eliminación del lactato de la sangre durante el periodo de restablecimiento.

En relación con esto cabe destacar que la ejecución del trabajo dosificado con esos mismos músculos durante el periodo de restablecimiento después de trabajar hasta cansarse *permite una desaparición más rápida del lactato de la sangre en comparación con el descanso pasivo*. Este efecto se explica por el incremento de la velocidad de oxidación del lactato por parte de los músculos que trabajan y debe emplearse ampliamente en la práctica del entrenamiento deportivo.

Propiedades elásticas de los músculos

Las propiedades elásticas, como ya se ha comentado, determinan la capacidad de los músculos de acumular un determinado potencial de tensión (energía no metabólica) mediante su deformación elástica en estado de tensión. Si al estiramiento sigue de repente una contracción de los músculos, entonces el potencial de energía elástica acumulada durante el estiramiento se emplea como suplemento para la fuerza de contracción de los músculos, mejorando la potencia de su trabajo (recuperación de la energía mecánica).

Un experimento sencillo demuestra de forma evidente la contribución del potencial elástico de los músculos distendidos en la mejora del efecto de trabajo de los movimientos reactivo-balísticos (Fig. 4.9). El estiramiento de los músculos en la fase de flexión del salto vertical sin carrilla con impulso de las dos piernas (variante B) aporta al cuerpo un vuelo más alto, un 15,5% superior al resultado de un salto efectuado desde una posición estática de media flexión (variante A). Una mayor altura de vuelo proporciona el rebote efectuado después del salto en profundidad, es decir, con una tensión más intensa de los músculos en la fase de amortiguación (variante C). En este caso, la altura del vuelo mejora en un 13,8% adicional. En total, si se comparan las variantes C y A, el empleo de la energía suplementaria procedente de la deformación elástica

de los músculos garantiza una mejora del efecto de trabajo del salto vertical en un 31,5% (Y. Verkhoshansky, 1963, 1970).*

De este modo, el empleo de la capacidad que tienen los músculos de recuperar la energía mecánica permite aumentar de forma significativa el esfuerzo de trabajo hasta un nivel en el que superan sustancialmente las posibilidades contráctiles que proporcionan las fuentes de energía meramente metabólicas. Por ejemplo, en el caso de la batida en el salto de longitud con carrera la máxima potencia positiva de extensión de la articulación de la rodilla sobrepasa aproximadamente el doble la potencia de todas las fuentes de energía metabólicas conocidas por el hombre.

Las propiedades elásticas de los músculos, junto al aumento de la eficacia de los esfuerzos explosivos que se efectúan con la máxima potencia, permite la mejora del rendimiento mecánico de los movimientos. Por ejemplo, en las velocidades de mayor rendimiento de las carreras se recupera hasta el 60% de la energía mecánica total del cuerpo y sólo cerca de un 40% se disipa en el ciclo de la zancada y exige su restauración en un ciclo posterior por medio de las fuentes metabólicas. Está demostrado que existe una estrecha relación entre la capacidad de los músculos de acumular energía y los resultados deportivos en la carrera de larga distancia ($r=0,785$) y su rendimiento ($r=0,870$).

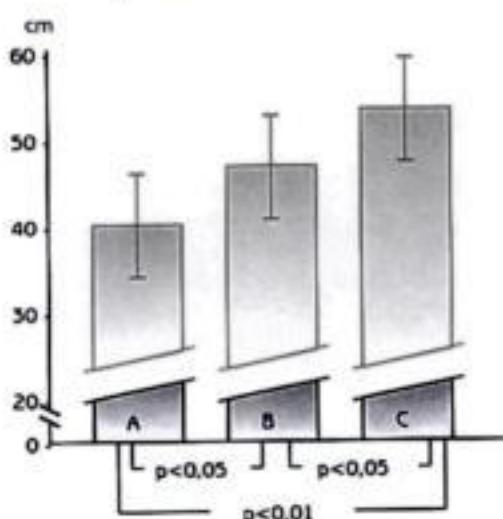


Figura 4.9. Altura del salto vertical sin movimiento de los brazos (Y. Verkhoshansky, 1961)

- a) desde semiagachado
- b) desde agachado
- c) después de un salto de altura de 0,70 cm

* Una experiencia análoga con los mismos resultados fue puesta en práctica por E. Assmussen y F. Bonde-Petersen; v. «Acta physiol. scand.», 1974, 91, n°3, pp. 385-392.

5

Regímenes de trabajo muscular

87

El régimen de trabajo es la caracterización general de la actividad funcional de los músculos esqueléticos, que se diferencia en cada caso concreto por los parámetros espaciotemporales y la velocidad del movimiento, la potencia del esfuerzo, la duración del trabajo y el medio principal de aporte de energía.

Las formas de actividad funcional de los músculos en las condiciones de la práctica deportiva son extraordinariamente diversas. En la Figura 5.1 se muestra una clasificación de acuerdo con criterios tales como variedad de trabajo muscular, régimen de tensión y carácter específico de manifestación del esfuerzo.

Variedades de trabajo muscular

En la valoración del carácter externo de la actividad funcional de los músculos lo más racional es partir de criterios mecánicos y distinguir cuatro variedades fundamentales de trabajo:

- trabajo de fuerza máxima (total)
- trabajo de fuerza submáxima
- trabajo de fuerza resistencia
- trabajo combinado

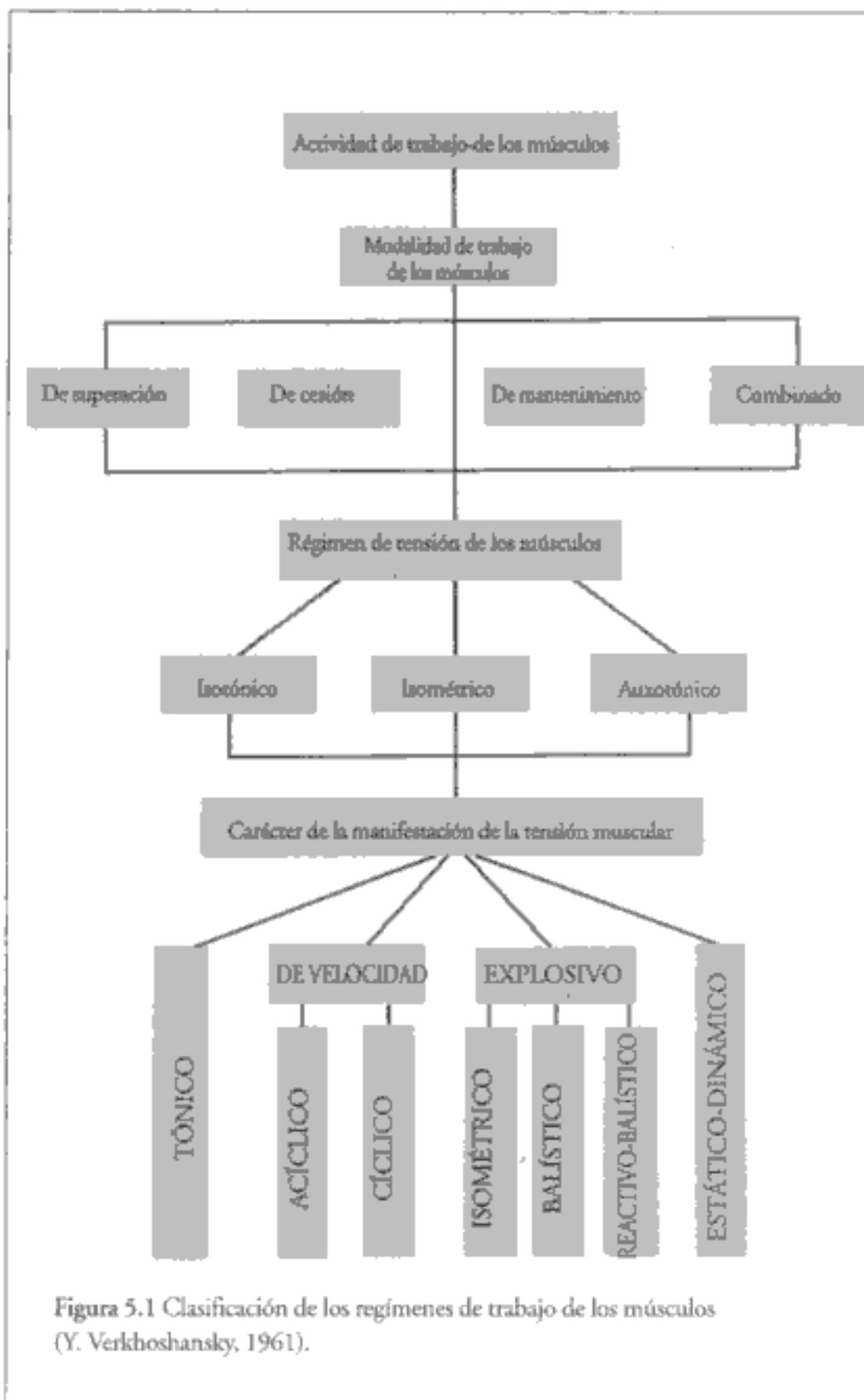


Figura 5.1 Clasificación de los regímenes de trabajo de los músculos
(Y. Verkhoshansky, 1961).

En cuanto a la carga exterior sobre los músculos:

- **de superación:** cuando la carga externa sobre los músculos es menor que su tensión y los músculos se acortan, provocando el movimiento (trabajo concéntrico);
- **de cesión:** cuando la carga externa sobre los músculos es mayor que su tensión y los músculos se extienden, es decir, se alargan (trabajo excentrico);
- **de mantenimiento:** cuando los músculos desarrollan tensión pero no cambian de tamaño;
- **combinado:** cuando los músculos desarrollan tensión en diferentes combinaciones de una u otra variedad de trabajo.

En casos aislados, cuando lo estudiado es el desplazamiento del cuerpo (de sus articulaciones, del objeto externo) o la conservación de la postura con manifestación de una fuerza igual al peso del cuerpo (de sus articulaciones, del objeto externo) o a la influencia externa, puede hablarse con propiedad de trabajo muscular *dinámico* o *estático*. Ciento es que en el último caso no existe trabajo en el sentido físico, en tanto en cuanto que no hay movimiento. Es por ello que para una valoración cuantitativa del trabajo estático de los músculos conviene partir de una perspectiva fisiológica del trabajo y emplear no la realización de la fuerza en un recorrido, sino su realización en el tiempo de actuación.

Regímenes de tensión de los músculos

Conviene analizar la tensión de los músculos en cuanto criterio fisiológico y distinguir tres regímenes fundamentales:

- **isotónico:** cuando en el cambio de longitud de los músculos la tensión desarrollada por éstos permanece constante;
- **isométrico:** cuando se desarrolla tensión sin cambio de longitud en los músculos;

-
- auxotónico: cuando con el cambio de longitud de los músculos varía también su tensión.

Estos son, por así decirlo, los regímenes de trabajo muscular «clásicos», es decir, los más conocidos y mejor estudiados en la anatomía dinámica, la fisiología neuromuscular y la biomecánica. Pero vale la pena recordar aquí lo que se ha llamado *régimen isocinético*, empleado en diversas concepciones de estructuración del entrenamiento para el desarrollo de la fuerza muscular.

La especificidad del régimen isocinético reside en que con la ayuda de accesorios especiales la resistencia externa al movimiento cambia de forma automática. Se propone no una magnitud de resistencia, como en los ejercicios en sobrecarga, sino la rapidez en la ejecución del movimiento. Con el incremento de la velocidad mejorará de forma automática la resistencia externa al movimiento, lo que en la práctica garantiza una carga cercana al máximo en los músculos para todas las amplitudes de trabajo del movimiento.

Carácter de la manifestación del esfuerzo de trabajo

Los regímenes expuestos arriba no agotan toda la variedad de tensiones presentes en la actividad de trabajo de los músculos y no reflejan muchas de sus particularidades esenciales para el movimiento del deportista. Es por ello imprescindible distinguir el carácter específico de la manifestación de la tensión de los músculos, que se expresa, en concreto, en las diferentes importancias de la velocidad de desarrollo de la tensión y su magnitud, duración e interacción, así como en la condición de los músculos previa a la tensión de trabajo. De ahí que quepa distinguir siete tipos de *carácter de manifestación del esfuerzo de los músculos* (Fig. 1.20). Precisamente este criterio será decisivo en la posterior discusión del problema de la preparación física especial en el deporte.

El *tipo tónico* de tensión muscular se caracteriza por ser poco variable en cuanto a magnitud y relativamente prolongado, aunque su velocidad de desarrollo no posea una importancia decisiva. Se puede observar este tipo de esfuerzo, por ejemplo, en la lucha, cuando uno de los atletas sostiene al otro contra el suelo; en la halterofilia cuando el deportista sostiene la pesa a la altura del pecho o la levanta por encima de su cabeza; en muchos elementos gimnásticos. En estos casos, los músculos trabajan al límite de su fuerza, y en diferentes elementos de las artes marciales la competición se reduce precisamente a la revelación de la superioridad en fuerza máxima. Sin embargo, el esfuerzo tónico puede ir acompañado de una cantidad significativamente menor de tensión, por ejemplo ante la necesidad de mantener la postura (tiro, gimnasia). Dependiendo de la variedad deportiva, la caracterización cualitativa de la fuerza manifestada en el esfuerzo tónico estará determinada por la resistencia de fuerza o por la magnitud máxima de fuerza de los músculos.

El esfuerzo de *tipo estático-dinámico* se caracteriza por que el trabajo dinámico de los músculos puede volverse de mantenimiento (y al revés) ante las más variadas combinaciones y ritmos de movimientos (gimnasia, lucha). El paso de un tipo de esfuerzo al otro puede ser muy rápido en caso de un alto nivel de tensión en cada uno de ellos. Ello puede apreciarse, por ejemplo, en el paso que hace un gimnasta de un elemento dinámico a uno estático o en la ejecución por parte de un luchador de una maniobra de ataque en condiciones de resistencia del adversario.

El esfuerzo muscular de *tipo explosivo* destaca por un aumento muy rápido del esfuerzo de trabajo desde el primer momento de puesta en marcha de los músculos hasta que se alcanza la fuerza máxima.

Son propios del carácter explosivo del esfuerzo los siguientes tipos de tensión muscular: explosiva balística, explosiva isométrica y explosiva reactiva-balística.

El esfuerzo de *tipo explosivo balístico* está relacionado con el trabajo dinámico y es característico de los movimientos en los que se aplica un esfuerzo extremo a una carga relativamente reducida (por ejemplo, en el

lanzamiento de peso y de jabalina, diversos elementos de patinaje artístico, los golpes de tenis, etc.). En este caso, la fuerza motriz alcanza con rapidez su máximo al principio y la mitad de la amplitud de trabajo y a continuación empieza a disminuir. El objeto desplazado en este caso se mueve por inercia, y la fuerza de tracción de los músculos, que al final de la amplitud de trabajo no supera el peso de la carga, ya no lo desplaza, y tan sólo aumenta un poco o mantiene su velocidad. En la Figura 5.2 se muestran las características cinéticas típicas del movimiento durante el trabajo muscular balístico. Con el aumento del peso de la masa desplazada este tipo de esfuerzo muscular pasa a explosivo isométrico.

El *tipo explosivo isométrico* de esfuerzo muscular está relacionado con el trabajo tanto estático como dinámico en el que a los movimientos corresponde la superación de importantes resistencias (por ejemplo, al levantar pesas, en varios elementos de gimnasia y lucha, el lanzamiento de objetos pesados). La particularidad esencial de estos movimientos reside en la necesidad de desarrollar con rapidez un esfuerzo de trabajo importante en cuanto a magnitud, cuyo máximo se alcanza principalmente en la mitad o al final del movimiento.

El *tipo explosivo reactivo-balístico* de esfuerzo muscular presenta las mismas particularidades que el explosivo balístico, con la excepción del régimen de trabajo de los músculos. Aquí es especialmente acusada la fase de estiramiento preliminar de los músculos, después de lo cual pasan de golpe al trabajo de superación. Es algo que puede verse, por ejemplo, en diversos lanzamientos con gestos bruscos, durante todos los saltos con un punto de apoyo, en elementos aislados de la lucha, la gimnasia y el patinaje artístico o en los impactos a pelotas de fútbol, voleibol o tenis.

Conviene mencionar a su vez la singular forma del esfuerzo muscular de tipo reactivo-balístico, caracterizado por un acusado *estiramiento brusco de los músculos*, que mejora esencialmente el efecto de trabajo de su posterior contracción y la velocidad de su paso de un régimen excéntrico a uno concéntrico (Y. Verkhoshansky, 1961, 1970). El carácter brusco del estiramiento de los músculos en combinación con su rápida contrac-

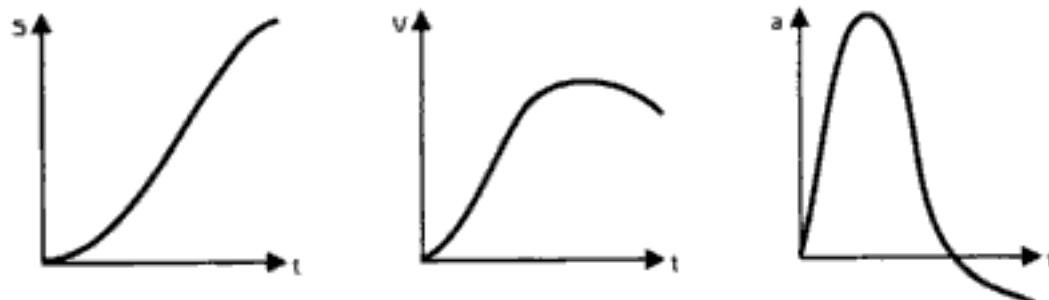


Figura 5.2 Gráficas paramétricas típicas del movimiento balístico; S = recorrido, V = velocidad, a = aceleración de la masa desplazada.

ción concéntrica origina un régimen de trabajo muy eficaz para el desarrollo de la fuerza muscular explosiva y la capacidad reactiva del aparato neuromuscular, de lo que se tratará en el siguiente apartado.

El *carácter veloz* de la manifestación del esfuerzo muscular tiene lugar en gran medida en casos de trabajo dinámico de naturaleza cíclica o no cíclica, en los que posee una importancia preeminente la rapidez en la transición del sistema de trabajo de los eslabones del cuerpo (aparato deportivo) o del cuerpo en su totalidad.

El *carácter veloz y no cíclico* del esfuerzo se manifiesta en la contracción rápida y singular de los músculos durante la ejecución de movimientos tales que el esfuerzo de trabajo se desarrolla contra una resistencia exterior relativamente pequeña (por ejemplo, contra la fuerza de la inercia del sistema de trabajo del cuerpo o un objeto relativamente ligero: floretes, raquetas de tenis, pelotas, etc.). Por ello, no se exige la manifestación del máximo total de fuerza muscular, sino que el papel principal lo desempeña la rapidez en el desarrollo del esfuerzo de trabajo.

El *carácter veloz y cíclico* del esfuerzo se expresa en sucesivas contracciones repetidas de los músculos a un ritmo determinado (por ejemplo, en las carreras, la natación, el ciclismo y el remo). En este caso, se exige la

conservación del nivel de trabajo del esfuerzo muscular en cada ciclo de movimientos frente a una capacidad altamente desarrollada de los músculos de debilitarse después de cada esfuerzo de trabajo. La magnitud del esfuerzo en cada caso concreto se determina según la magnitud de la resistencia exterior. Cuanto mayor sea, mayor magnitud de esfuerzo se exigirá (y, por consiguiente, mayor potencial de fuerza) de los músculos. En una serie de casos, por ejemplo en el remo, la cantidad de esfuerzo de trabajo en el ástil del remo alcanza grandes proporciones (100 kg y más) y el trabajo de los músculos de los brazos y los hombros se acerca a la manifestación del esfuerzo de carácter explosivo y balístico, mientras que el trabajo de las piernas está más cerca del reactivo-balístico.

El potencial para el entrenamiento de los regímenes de trabajo de los músculos difiere tanto por la magnitud del aumento de los índices funcionales (en concreto, los de fuerza y los de velocidad-fuerza) como por la especificidad de las correspondientes reestructuraciones adaptativas en la estructura de los músculos y el organismo en su conjunto. Mis anteriores investigaciones (1970, 1977) demostraban que buscar cualquier régimen absoluto y universal de entrenamiento (tendencia muy característica de los entrenadores) es una ocupación con muy pocas perspectivas de éxito. Cada régimen tiene sus particularidades, méritos y defectos que pueden poseer una gran importancia en algunos casos y ejercer una influencia negativa en el efecto del entrenamiento en otros. Por ello, es necesario hacerse una idea cabal del potencial de entrenamiento de todos los regímenes de trabajo que realmente existen y, sobre todo, del efecto de su combinación en el entrenamiento. En los siguientes capítulos analizaremos esta cuestión con mayor detenimiento.

Parte 2

95

ORGANIZACIÓN DE LA ACCIÓN MOTORA COMPLEJA

La acción motora es un sistema de movimientos individuales ordenados en el espacio y el tiempo orientado a la consecución de un fin concreto. La puesta en práctica de ese sistema en condiciones de actividad del hombre se presenta como el proceso de resolución de una tarea motora.

Los ejercicios de competición y entrenamiento son todos acciones motoras, la mayoría de las cuales están organizadas de forma muy compleja. Se ejecutan, por norma, a una velocidad muy alta, con manifestación de esfuerzos importantes (y a menudo extremos) y siempre exigen una coordinación muy fina de movimientos y un gran consumo de energía.

Los deportistas y entrenadores deben hacerse una idea muy clara de cómo están organizadas las acciones motoras, qué mecanismos fisiológicos las regulan y cómo se forman y perfeccionan como resultado de los

entrenamientos. Sin ello es imposible hablar de técnica deportiva y juzgar si ésta es o no correcta para determinado tipo de atleta.

Cada modalidad deportiva presenta sus propias particularidades específicas para la ejecución de las acciones motoras (ejercicios de entrenamiento y competición), condicionadas por su finalidad, las condiciones exteriores en las que se ejecuta y, por último, por la normativa de competición.

Junto a ello existen también unos principios generales que determinan los criterios de racionalización en la organización y perfeccionamiento de las acciones motoras de cada caso concreto.

En este capítulo examinaremos conceptos tan básicos como «estructura psicomotriz de la acción motora compleja», «estructura biodinámica del ejercicio deportivo» y «técnica deportiva», y a continuación prestarímos atención a las particularidades del perfeccionamiento de la técnica deportiva en las diferentes modalidades deportivas.

6

Estructura psicomotriz de la acción motora compleja

97

La acción deportiva siempre se organiza *de forma consciente*, en concordancia con su *finalidad predeterminada* y tomando en cuenta las *posibilidades motoras* del atleta.

La unidad de los componentes de finalidad, sentido y movimiento conforma la estructura psicomotriz de la acción motora, entendida como mecanismo de consecución de un fin deportivo.

Por ejemplo, un gimnasta se consagra al fin de dominar un nuevo y difícil elemento. Determina el papel del elemento en su combinación de competición, trata de comprender de forma detallada su forma de ejecución, la sucesión y coordinación de los movimientos individuales y la relación con el resto de elementos de la combinación, y decide cómo empleará de manera más eficaz sus posibilidades físicas.

La estructura psicomotriz no sólo juega un papel muy importante en la organización racional de la propia acción motora. También se presenta como punto de referencia (finalidad orientativa) para la edificación de todo el proceso de entrenamiento, determinando, en particular, los requisitos para la organización de la preparación física técnica y táctica y especial del deportista.

Junto a ello, el grado de correspondencia entre la acción ejecutada y su resultado y la representación ideal (mental) de la estructura psicomotriz es uno de los criterios vitales de la eficacia y el control del avance del proceso de entrenamiento.

La estructura psicomotriz incluye tres componentes fundamentales (Fig. 6.1), correspondientes a las tres fases sucesivas del proceso de realización de la acción motora compleja: *preparación*, *ejecución* y *evaluación*.

Fase preparatoria

La fase preparatoria establece el modelado (anticipación) ideal (mental) del proceso de realización de la acción motora, incluyendo la formación del *plan* y la fijación del *modo de resolución* de la tarea motora (Fig. 6.1).

Plan de resolución de la tarea motora

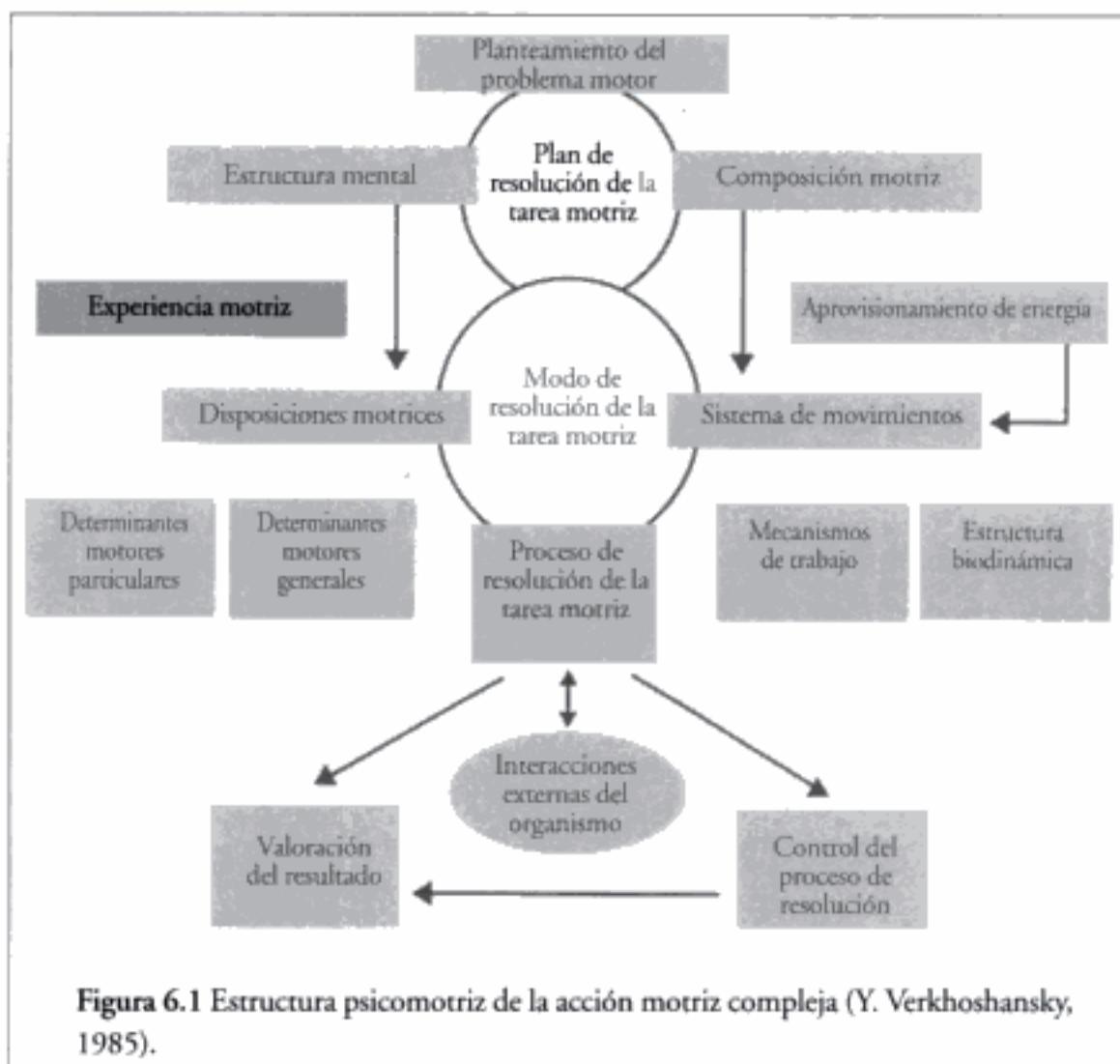


Figura 6.1 Estructura psicomotriz de la acción motriz compleja (Y. Verkhoshansky, 1985).

El plan es el proyecto preliminar de organización y ordenamiento generales para la realización de la operación motora tomando en cuenta las condiciones externas y los recursos motrices al alcance del atleta. Es la representación mental del movimiento inminente, que se forma bajo la influencia de un impulso interno del individuo y la información exterior, y es función de la conciencia.

El plan determina a grandes rasgos la forma del movimiento y su organización espaciotemporal, que garantiza la resolución de la tarea motora de acuerdo con las posibilidades anatómicas, dinámicas y energéticas del organismo. En calidad de componentes funcionales el plan incluye:

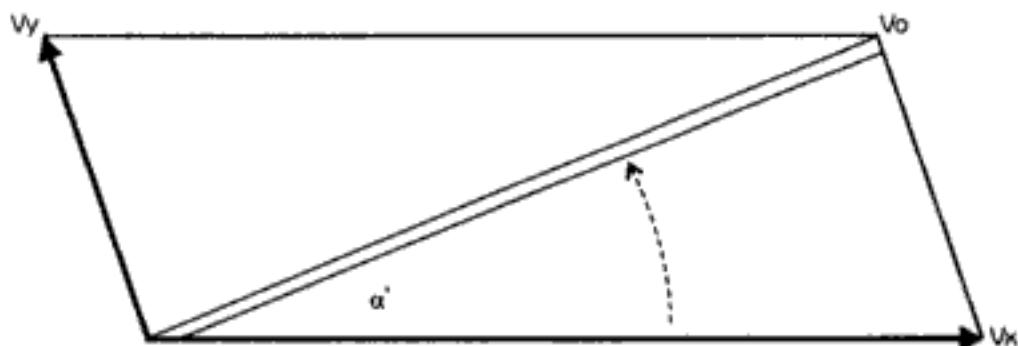
- estructura mental;
- proyecto de la composición motora de la acción.

Estructura mental. Se trata del componente planeado y controlado de forma ideal de la acción que expresa la orientación final (preponderante) de su organización. La estructura mental determina de forma unívoca y completa *qué hay que hacer* para resolver con éxito la tarea motora.

Por ejemplo, la meta que se impone el saltador de longitud es saltar lo más lejos posible. A partir de ello la estructura mental establece aquella organización de la acción deportiva (salto de longitud con carrera) que garantice la suficiente velocidad horizontal de desplazamiento del cuerpo del atleta en la carrera y la suficiente potencia de trabajo muscular de la pierna de apoyo para situar el vector de esa velocidad en el ángulo necesario (Fig. 6.2).

En otras palabras, como les encanta decir a los saltadores, lo importante en el salto es correr muy rápido e impulsarse muy fuerte.

Composición motora. Se trata de la composición motora concreta de la acción, el complejo de operaciones motoras que son necesarias para su ejecución y que determina la esencia de la pregunta: *¿de qué modo hay que resolver la tarea motora?*



100

Figura 6.2 Esquema que ilustra el giro del vector de velocidad horizontal de la carrera (V_x) en el impulso con el ángulo necesario ((α^0)) del salto de longitud; V_y es la velocidad vertical del cuerpo del saltador generada en el impulso y V_0 es la velocidad inicial del vuelo.

Si continuamos tomando como ejemplo el salto de longitud, es evidente que aquí lo que se tiene en cuenta es el modo concreto de ejecución (carrera, impulso, movimiento en la fase de vuelo, aterrizaje, etc.), es decir, aquello que se explica de forma detallada en cualquier manual didáctico de atletismo.

Modo de resolución de la tarea motora

El modo de resolución de la tarea motora es la expresión concreta de los contenidos de la estructura mental y la composición motora de la acción, que establece:

- la organización del sistema de movimientos,
- la formación de los objetivos motores.

Sistema de movimientos. Se trata del complejo, ordenado en el tiempo, de desplazamientos simultáneos y consecutivos de los eslabones del cuerpo. El principal sentido del concepto de sistema reside en este caso en la *integridad funcional de este complejo*, es decir, en la determinada in-

tercomunicación e interacción de los movimientos individuales que los convierte en una formación monolítica, orientada a la resolución de una tarea motora concreta.

La organización del sistema de movimientos establece la selección y utilización eficaz de los mecanismos de trabajo del sistema locomotriz, y de igual modo el perfeccionamiento de la coordinación de los esfuerzos neuromusculares y sus mecanismos de aporte de energía.

Las acciones deportivas exigen en el hombre unos enormes esfuerzos musculares o una reproducción repetida de esfuerzos de menor magnitud en el transcurso de un período relativamente largo. Por ello, los mecanismos de aporte de energía —su potencia y capacidad— poseen una gran importancia para la organización y realización eficaz de la acción deportiva. En este caso cabe destacar los conceptos de «energía mecánica del cuerpo» y «energía de la contracción muscular».

En el primer caso, se trata de la reserva de capacidad de trabajo del cuerpo o de sus eslabones, que se modifica a consecuencia del trabajo de los músculos. En el segundo caso se entiende el proceso de liberación de energía de los enlaces químicos que da lugar a un acto mecánico: la contracción y tracción mecánica de los músculos que provoca el movimiento.

El efecto de trabajo del acto del movimiento es el resultado de la interacción de la energía mecánica y la energía de la contracción muscular o, en otras palabras, el potencial bioenergético del organismo. Sin embargo, la eficacia de la acción en general y el rendimiento del trabajo dependen de la habilidad del deportista para emplear de forma racional la energía mecánica del movimiento.

Por ejemplo, en el salto de longitud, del cual ya hemos hablado, para la longitud del vuelo se emplea la energía mecánica del movimiento horizontal del cuerpo del deportista y la energía de la contracción muscular de la pierna de apoyo en extensión, que garantiza el giro del vector de velocidad horizontal del cuerpo (Fig. 6.2). La eficacia del salto depende de la habilidad del atleta para emplear de este modo el impulso, de manera

que se pierda la mínima velocidad posible y se conserve el equilibrio durante la fase de vuelo.

Disposición motora. Se trata de la construcción psicológica que garantiza que el deportista está preparado para la actividad inminente y lo moviliza de cara al cumplimiento de la orientación principal de la acción motora.

Por ejemplo, *el quid* de los saltadores de longitud que he mencionado con anterioridad no es otra cosa que disposición motora, que prepara al saltador para la principal orientación final de su acción mediante la ejecución del salto. Su expresión más exacta y profesional puede contemplarse del modo siguiente: «rápido en la carrera, fuerte en el apoyo».

La disposición motora constituye el componente funcional de la estructura mental de la acción motora y se realiza por medio de (Fig. 6.1):

- determinantes motores generales, que se presentan como expresiones invariables (que no cambian, permanentes) de la orientación principal de la acción;
- determinantes motores particulares, que expresan tareas inmediatas de dirección de la composición motriz de la acción relacionadas con su corrección.

Un ejemplo de determinante motor general del saltador de longitud sería la anteriormente citada disposición final de cara a la orientación principal de la acción en el salto. En cuanto a los determinantes motores particulares, pueden ser tantos que no tiene sentido tratar de enumerarlos.

Los determinantes motores generales permanecen inalterados aunque la acción se reproduzca varias veces. Los determinantes motores particulares pueden cambiar de repetición a repetición en función de las tareas concretas que se resuelvan en el proceso del ejercicio. La formación de las disposiciones motoras y la capacidad de emplearlas de forma consciente en el proceso de entrenamiento se basan en la experiencia motriz del deportista y en su aptitud para valorar y analizar sus propias acciones.

La tarea más importante del entrenador es ayudar al deportista a formular y poner en práctica las necesarias disposiciones motoras, tarea cuya realización depende exclusivamente de que él mismo entienda la estructura psicomotriz del ejercicio de competición.

Fase de ejecución

La fase de ejecución de la acción motora se presenta en resumidas cuentas como un proceso de resolución de tareas motoras.

Este proceso está relacionado con la unificación selectiva de los mecanismos de trabajo del sistemas locomotriz (motor) en un sistema funcionalmente racional que determine la realización de la acción motora de acuerdo con su orientación final y el plan de resolución del problema motor. El factor que organiza el sistema en cada caso es la coordinación neuromuscular.

Es un hecho que incluso un acto motor sencillo puede realizarse en una enorme cantidad de combinaciones diferentes de actividad muscular. Sin embargo, en el proceso del entrenamiento se ajustan las relaciones de coordinación más racionales entre los diferentes grupos musculares cercanos a la realización del movimiento. Y aunque estas relaciones puedan presentar una gama diversa de variaciones, la estructura cinética exterior de la acción deportiva siempre es más estable que la estructura de coordinación de la actividad eléctrica (AE) de los músculos. Por ejemplo, la variación en los parámetros cinemáticos del movimiento de un corredor de 400 metros de alto nivel es del 1-8%, mientras que en el caso de las características electromiográficas (EMG) es del 14-63%.

El esquema de la organización de la AE en 12 grupos de músculos durante la ejecución del levantamiento de pesas hasta el momento de su fijación con los brazos extendidos en la flexión (Fig. 6.3), proporciona una representación evidente de la estructura espaciotemporal de la coordinación muscular durante la ejecución de una acción motora compleja. Sin entrar en un análisis detallado, que tiene interés ante todo para los es-

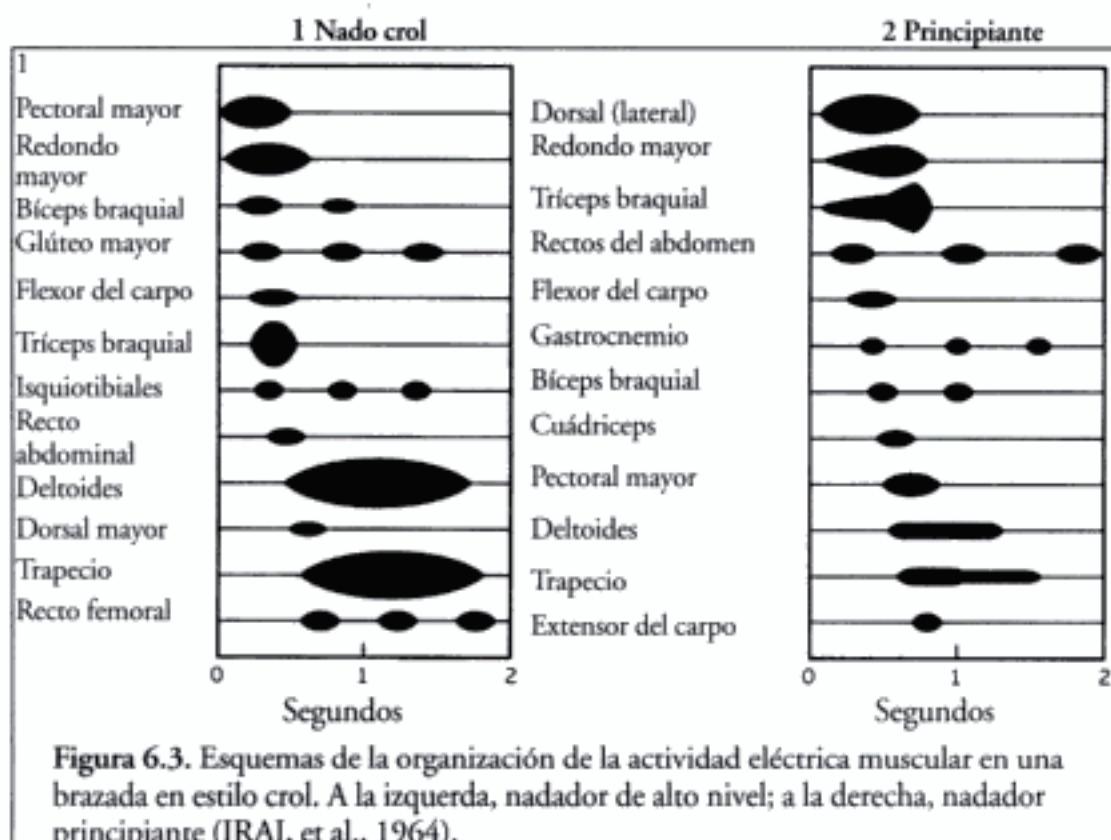


Figura 6.3. Esquemas de la organización de la actividad eléctrica muscular en una brazada en estilo crol. A la izquierda, nadador de alto nivel; a la derecha, nadador principiante (IRAI, et al., 1964).

pecialistas, prestaremos atención a las particularidades más generales y esenciales de la organización de la AE de los músculos, que se aprecian con claridad en el esquema.

Ante todo resulta evidente un orden determinado de incorporación al trabajo de los músculos, así como la simultaneidad o sucesión de su actividad de trabajo. El orden de actividad de los grupos musculares fundamentales para cada acción motora está siempre estrictamente fijado. Para el resto de grupos musculares que toman parte en el movimiento, la incorporación al trabajo puede ir acompañada de un carácter variable.

La reforma más característica de la composición electromiográfica como resultado del entrenamiento se expresa en un ordenamiento y un cambio cuantitativo (redistribución) de la AE en el tiempo y el espacio. Por ejemplo, en la ejecución de ejercicios de velocidad-fuerza de los deportistas de alto nivel, si se comparan con los de atletas de menor nivel, esto se manifiesta (Fig. 6.4) en un aumento de la AE general de los grupos musculares más determinantes para el movimiento, una concentración de

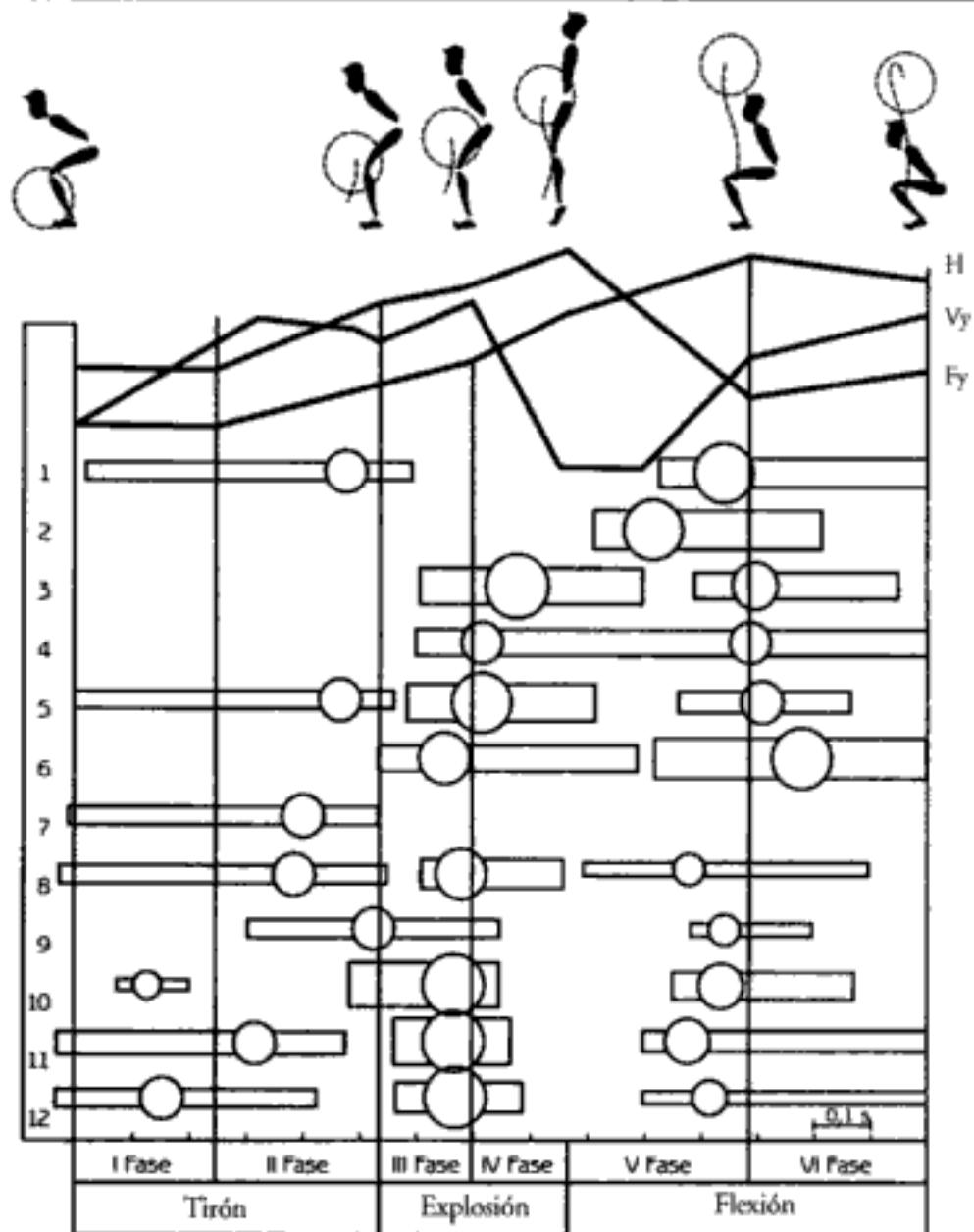


Figura 6.4 Esquema de la organización de la actividad eléctrica de los grupos musculares en la ejecución del levantamiento de pesas. Músculos: 1. tríceps braquial; 2. extensor menor de los dedos; 3. bíceps braquial; 4. deltoides; 5. flexor superficial de los dedos; 6. trapecio; 7. dorsal ancho; 8. sacroespínoso; 9. bíceps femoral; 10. gemelos; 11. cuádriceps; 12. sóleo. H, desplazamiento vertical de las pesas; V_y , velocidad vertical de las pesas; F_y , reacción vertical del apoyo.

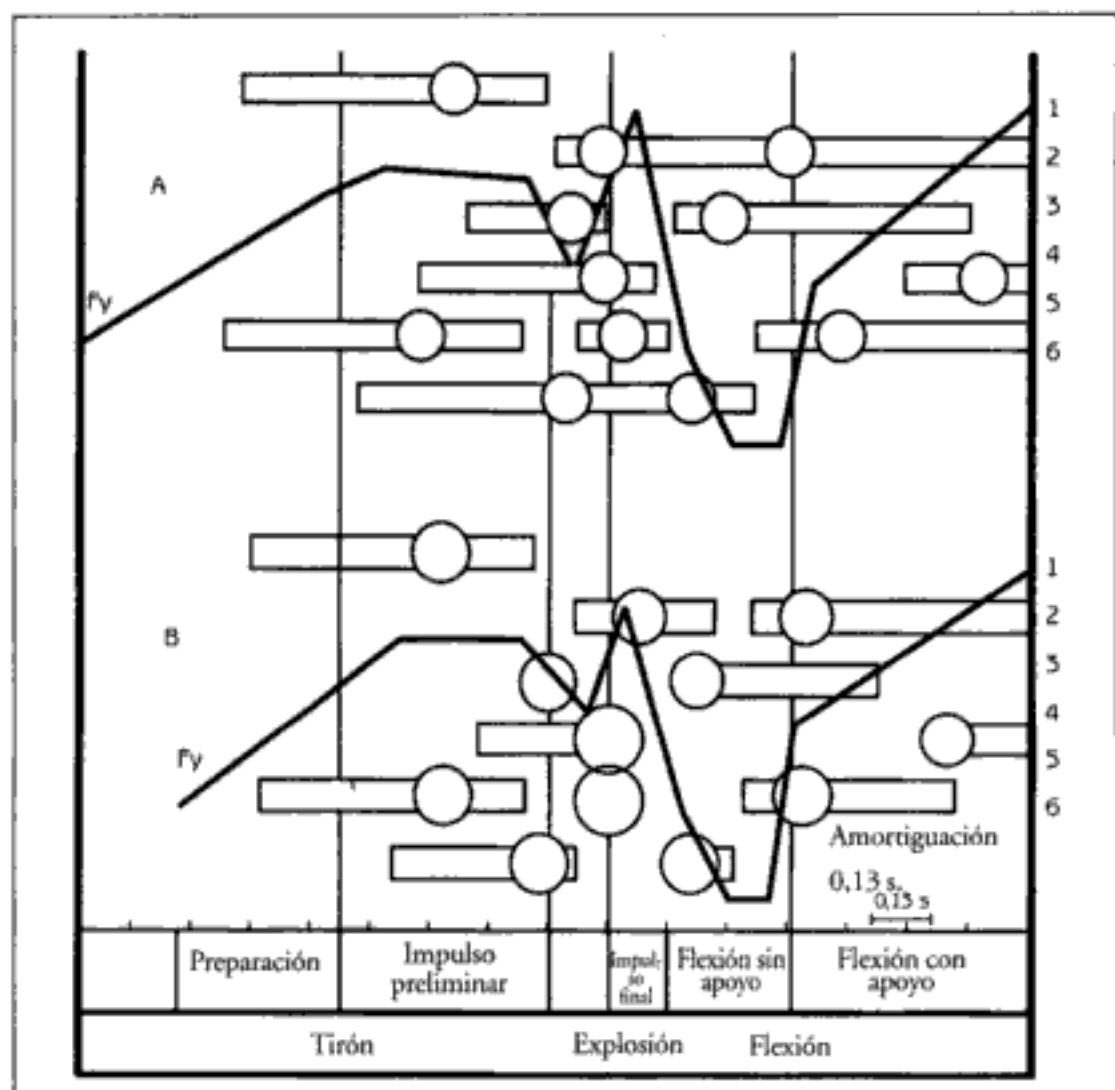


Figura 6.5 Esquema de la actividad eléctrica de los músculos al levantar las pesas al pecho en deportistas de baja (A) y alta (B) cualificación. Músculos: 1. tríceps braquial; 2. bíceps braquial; 3. tibial anterior; 4. gemelos; 5. cuádriceps; 6. bíceps femoral. F_y es la reacción vertical del apoyo.

la AE de los diferentes grupos musculares y un acortamiento de su duración en las fases más decisivas del movimiento y, por último, en una reducción de la oscilación en todos los parámetros electromiográficos.

A consecuencia de la fatiga se produce un cambio de estructura de coordinación en el trabajo de los músculos, lo cual es especialmente característico de las modalidades deportivas cíclicas. En la Fig. 6.5 se pre-

senta un esquema de la AE de los músculos en el ciclo de pedaleo en la fase inicial (I), la intermedia (II) e inmediatamente después de una renuncia forzosa al trabajo muscular de gran intensidad (III), ejecutado «a tope» en un veloergómetro por un deportista de alto nivel. Es fácil comprobar un cambio sustancial en la coordinación neuromuscular y el dibujo del esfuerzo vertical implicado que se aplican al pedal al final del trabajo. En los deportistas menos entrenados se observan cambios parecidos de grado superior en la estructura EMG y motora.

Como resultado concreto de la regulación de la actividad de trabajo de los músculos durante el entrenamiento encontramos la llamada estructura biodinámica de la acción motora, que estudiaremos en la siguiente sección.

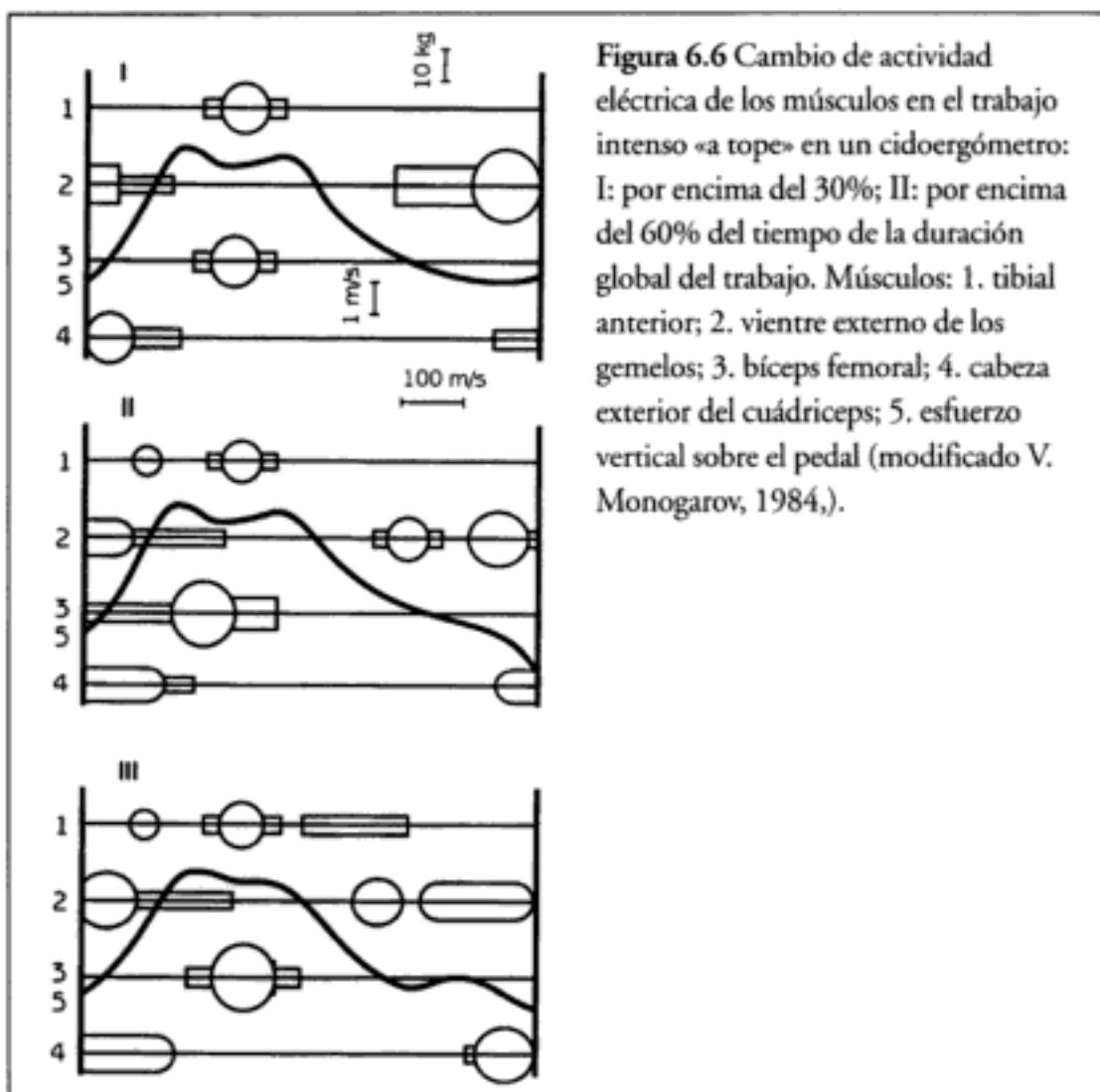


Figura 6.6 Cambio de actividad eléctrica de los músculos en el trabajo intenso «a tope» en un cidoergómetro: I: por encima del 30%; II: por encima del 60% del tiempo de la duración global del trabajo. Músculos: 1. tibial anterior; 2. viente externo de los gemelos; 3. bíceps femoral; 4. cabeza exterior del cuádriceps; 5. esfuerzo vertical sobre el pedal (modificado V. Monogarov, 1984.).

Fase de evaluación

La fase de evaluación de la realización de una acción motora compleja implica el control del proceso de resolución del problema motriz y la evaluación general de su resultado. Esta valoración se compara con los parámetros de capacidad y el plan de resolución de la tarea motora (Fig. 6.1), y de ser necesario se introduce en ellos correcciones.

El principal papel en la evaluación del proceso y el resultado de la resolución del problema motriz lo desempeña el análisis concienzudo.

Pero, a pesar de esto, todo deportista conoce muy bien la incapacidad del principio de la regulación consciente del proceso de realización de una acción motora realizada con todos sus detalles. La propia naturaleza de nuestro organismo prevé una solución de ese problema. Vamos a concentrar nuestra atención en dos circunstancias importantes para lo que vamos a exponer a continuación. Primero, una gran parte de las operaciones motoras primarias para constituir una acción compleja es que deberán realizarse a partir de unos mecanismos especializados innatos de autorregulación, propios al organismo. Ellos se relacionan automáticamente en la acción locomotriz, asegurando el régimen predominante de funcionamiento de los mecanismos útiles del cuerpo; además, precisan de un control consciente sólo en la etapa inicial del dominio de la acción locomotriz. Segundo, el control consciente sobre todos los detalles del sistema de movimientos siempre es necesario y su ejecución se vuelve automatizada, esto es, pasa a autorregulación. El control consciente volverá en caso de necesidad o periódicamente para revisar la actividad. Entonces, resumiendo el análisis del modelo conceptual de la regulación psicomotriz de una acción motora compleja, reseñamos una vez más que su proceso de formación deberá ser realizado basándose en la búsqueda, en la evaluación y en la selección por el organismo de la alternativa preferente en combinación con las señales de los comandos informativos orientados hacia la realización locomotriz, y también para la fijación de esa

combinación por el mecanismo de la memoria motora. La gestión del movimiento se realiza en base a un flujo circular de información del comando informativo (figura 6.7).

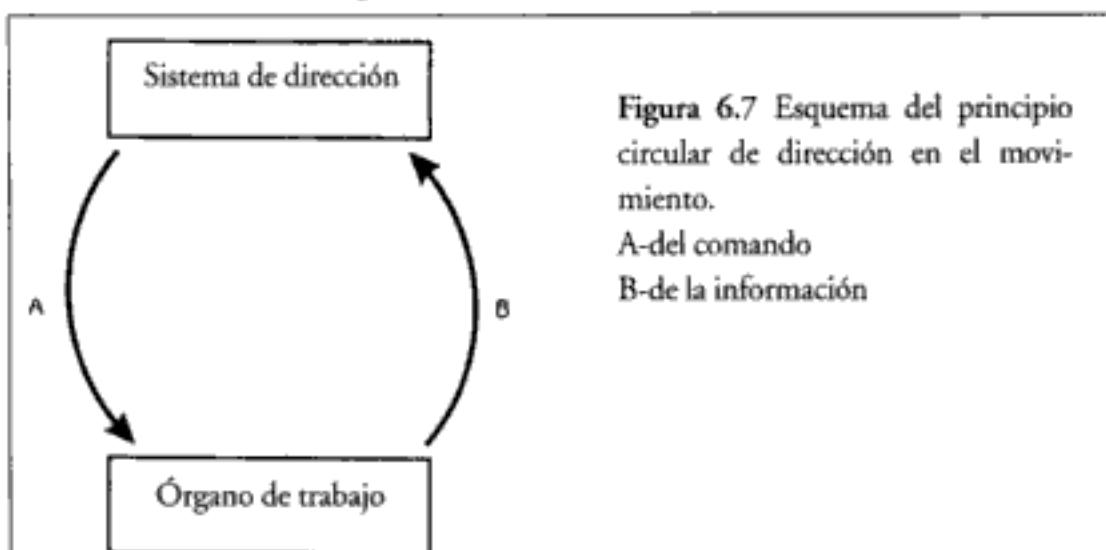


Figura 6.7 Esquema del principio circular de dirección en el movimiento.
A-del comando
B-de la información

109

Pero el círculo sólo es una implantación física de los canales de comunicación, porque todo ciclo informativo que le sigue se diferencia del anterior y, principalmente, porque aproximara el movimiento dirigiéndolo al límite objetivo. Por esto mismo, será más coherente no hablar del principio circular, sino de la espiral de formación del sistema de información dirigida (figura 6.8).

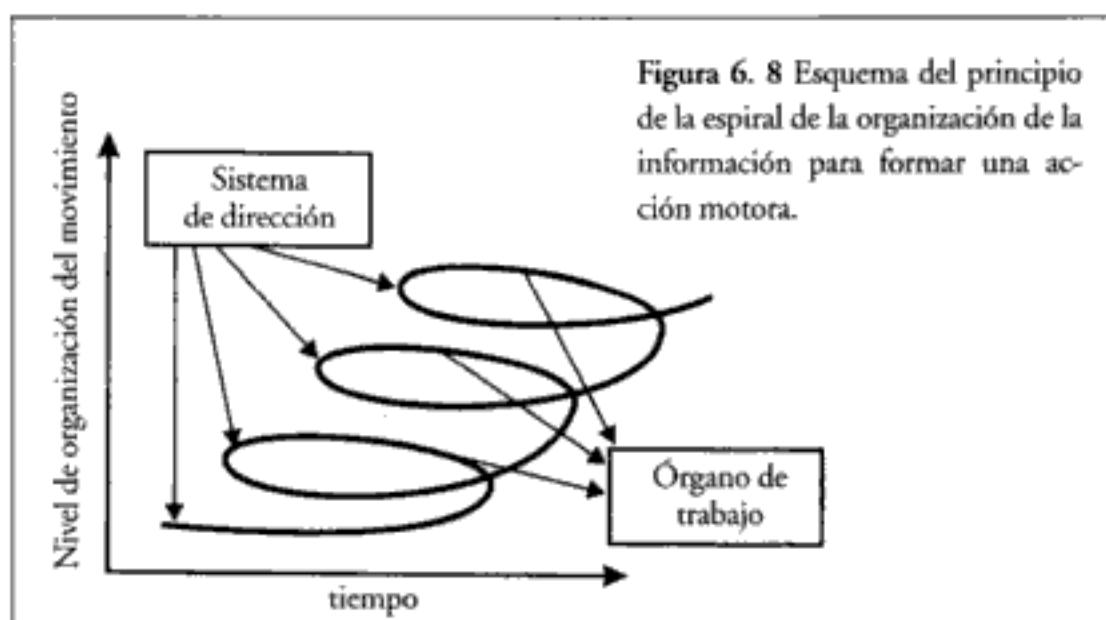


Figura 6.8 Esquema del principio de la espiral de la organización de la información para formar una acción motora.



Estructura biodinámica del ejercicio deportivo

La acción motora se forma y perfecciona de forma funcional sobre la base de:

- aumentos cuantitativos de la magnitud de los esfuerzos musculares que provocan el movimiento,
- un empleo más racional de las fuerzas externas presentes en el movimiento y su supeditación a los intereses de la resolución de la tarea motora,
- la formación de una cooperación más racional entre todos los elementos de fuerza propios del proceso de realización de la acción motora.

El concepto de campo de fuerzas de la acción motora compleja

El campo de fuerzas de una acción motora compleja es el conjunto de todas las fuerzas externas e internas al organismo que están presentes en el transcurso de la resolución de una tarea motora. En una acción orientada hacia un objetivo, los componentes del campo de fuerzas están dirigidos y dosificados, esto es, regulados de un modo determinado.

Si nos basamos en el carácter, origen y orientación de las fuerzas, pueden apreciarse los siguientes componentes del campo de fuerzas:

- Fuerzas motrices activas, generadas por la tracción mecánica de los músculos.
- Fuerzas reactivas de comunicación, o fuerzas reflejas, presentes como resultado de la interacción de las fuerzas musculares activas con el entorno externo inmediato.
- Fuerzas acumuladas por los músculos como sistema elástico durante las fases preparatorias del movimiento.
- Fuerzas de inercia del cuerpo o sus eslabones.
- Fuerza del peso del cuerpo o sus eslabones.

En función del punto de aplicación, estas fuerzas pueden ser externas o internas en relación con el cuerpo del deportista, y en función de la dirección de su desplazamiento pueden acompañar u obstaculizar el movimiento.

El concepto de estructura biodinámica de la acción motora compleja

La estructura biodinámica es el modo racional y estable en que se conectan los momentos acentuados de la dinámica activa y reactiva dentro del sistema de movimientos que hace de esta última un mecanismo de trabajo completo y funcionalmente especializado del procedimiento de resolución de la tarea motora (Y. Verkhoshansky, 1957, 1963, 1977).

El dominio de la acción motora compleja empieza con una adaptación activa de las posibilidades del aparato locomotor (de sus mecanismos de trabajo) a las condiciones que acompañan el proceso de resolución de la tarea motora. En el campo de fuerzas presente en cada caso como resultado de la interacción de las fuerzas externas e internas en relación con la persona, se aprecian fases (momentos) de concentración de la dinámica activa y reactiva. En principio, estos elementos acentuados se expresan débilmente y se sitúan en el campo de fuerzas de forma desor-

denada, caótica. Si la acción se reproduce de forma repetida su importancia cuantitativa y relación temporal presentan una gama muy amplia de variaciones. La acción motora es totalmente impredecible, y su efecto de trabajo todavía no es ni elevado ni estable.

A continuación, gracias a la adaptación a las condiciones externas, el deportista encuentra una vía más eficaz para resolver la tarea motora. Se forma un medio determinado y estable de cooperación de los grupos musculares, algo que queda demostrado por la estructura espaciotemporal de la actividad eléctrica de los músculos (Fig. 6.3 y 6.4). Esto va acompañado de una diferenciación y un esfuerzo de los acentos dinámicos, una clara localización en el tiempo y el espacio y la unificación en un sistema determinado.

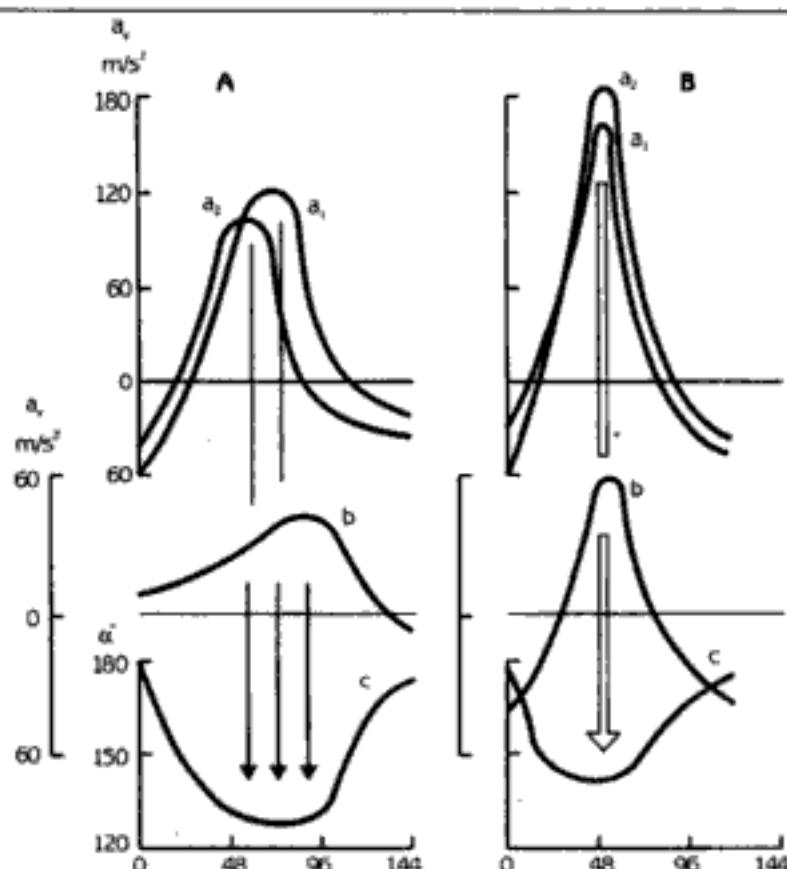


Figura 7.1 Aceleración vertical de las masas del brazo derecho (a_1) e izquierdo (a_2) y de la pierna libre (b), ángulo de flexión de la pierna de apoyo (c) en el segundo impulso del triple salto de deportistas principiantes (A) y cualificados (B) (Y. Verkhoshansky, 1961).

Gracias al perfeccionamiento de la acción motora se reduce la gama de oscilaciones en importancia cuantitativa y relaciones temporales entre sus elementos. Se produce una «compresión», una concentración de ese sistema en el tiempo; el sistema halla una previsibilidad en caso de reproducción repetida y posee todos los síntomas de una estructura completa con relaciones causa-efecto concretas entre sus elementos.

Todo lo expuesto con anterioridad se ilustra con el ejemplo de la formación del mecanismo dinámico de la segunda batida del triple salto con carrera.

La gráfica de la Fig. 7.1 permite juzgar el carácter del desarrollo y la magnitud del componente vertical de las fuerzas reactivas presentes en la aceleración del desplazamiento de los eslabones libres del cuerpo y su interacción con el trabajo de la pierna de apoyo. Llama la atención que en los deportistas de alto nivel los máximos de aceleración vertical de las masas de los eslabones libres del cuerpo son mayores en cifras absolutas que en el principiante y, además, coinciden en el tiempo. La extensión de la pierna de apoyo es más activa y empieza inmediatamente después de la breve carga concentrada gracias a la dinámica reactiva generada al final de la fase de amortiguamiento.

En el deportista principiante los máximos de aceleración vertical de los eslabones libres del cuerpo no coinciden entre ellos, y por ello la carga adicional sobre la pierna de apoyo debida a las fuerzas reactivas, aunque menor en cifras absolutas, actúa con mayor duración. Como resultado se dificulta la extensión de la pierna de apoyo, que se retrasará, pasando los músculos menos activos de un trabajo de fuerza submáxima a su trabajo de fuerza máxima.

Organización de la estructura biodinámica

En la Fig. 7.2 se presenta de forma esquemática la organización de la estructura biodinámica y su influencia en el carácter dinámico (de fuerza) de las interacciones externas del deportista (F).

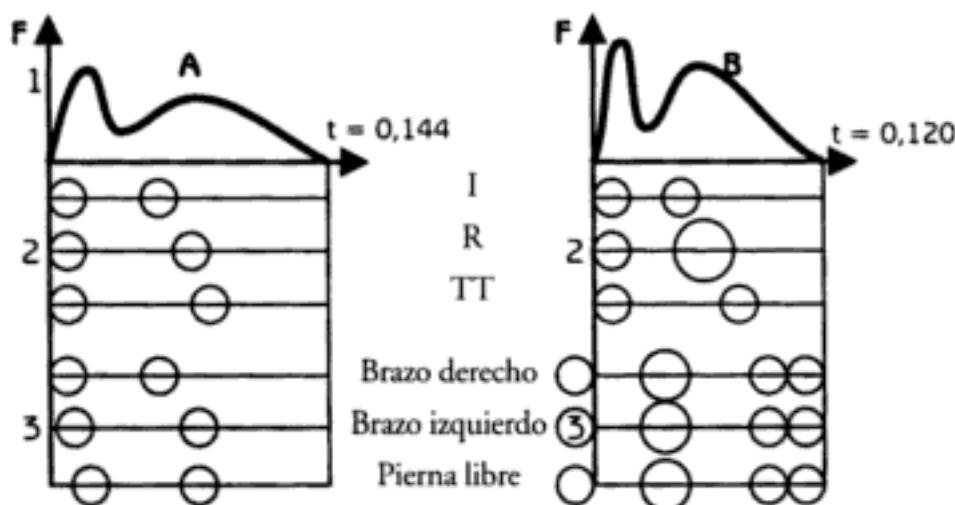


Figura 7.2 Esquema de la distribución de acentos de la dinámica activa y reactiva en el complejo de movimientos (2º impulso del triple salto). 1. dinamograma resultante; 2. acentos dinámicos en el trabajo de los músculos extensores de las articulaciones ilíaca (I), de la rodilla (R) y tibiotarsiana (TT) de la pierna de apoyo; 3. acentos de la dinámica activa (círculos blancos) y reactiva (círculos sombreados) de los movimientos en el aire. A. en principiantes; B. en deportistas cualificados (Y. Verkhoshansky, 1963).

La estructura biodinámica se forma como resultado del esfuerzo y constituye el producto de la adaptación del organismo a las condiciones específicas de sus interacciones externas. En cada caso concreto se presenta como *único mecanismo racional que garantiza un empleo efectivo del potencial motor real del deportista en las condiciones de la resolución de una tarea motora dada*. Con la formación de la estructura biodinámica, la acción motora se traslada a un nuevo nivel cualitativo más elevado, señalado por el aumento de su efecto de trabajo con un empleo racional de las posibilidades motoras del deportista.

La estructura biodinámica no constituye un mecanismo inmóvil y formado de una vez y para siempre. Habiéndose manifestado en rasgos generales en las primeras tentativas de resolución de la tarea motora, la estructura se perfecciona en la dirección de un crecimiento cuantitativo

de los elementos, una mayor precisión de su distribución en el tiempo y el espacio y, por último, mediante una determinación de su jerarquía.

Este principio de organización dinámica es propio de cualquier acción motora compleja. Sin embargo, si bien en los ejercicios de carácter no cíclico que exigen la manifestación de esfuerzos considerables en un tiempo mínimo todo el sentido del entrenamiento reside en la formación de la estructura biodinámica; también es cierto que en los ejercicios de carácter cíclico, donde se exige conservar la capacidad de trabajo durante mucho tiempo, la estructura biodinámica se forma de manera significativamente más rápida, su composición es más sencilla y el sentido del entrenamiento reside principalmente en el perfeccionamiento funcional de los sistemas vegetativos y productores de energía del organismo que garantizan la posibilidad de reproducir el movimiento de forma estable en condiciones de fatiga creciente.

Es importante remarcar que la estructura biodinámica de la acción deportiva puede ser comprendida de forma correcta sólo en caso de que se presente como parte de un campo global de fuerzas. De igual modo, la dirección del sistema de interacciones externas del deportista tan sólo es posible a través de la estructura biodinámica interna.

Por consiguiente, si se habla de la organización de los movimientos del deportista, es imprescindible recordar no tanto los movimientos en sí, esto es, el desplazamiento relativo de los eslabones del cuerpo, como *el mecanismo dinámico que provoca estos desplazamientos, y hablar de la organización de la mecánica de los movimientos*. Precisamente en esto reside la esencia central del problema de la organización de los movimientos en el deporte.

La práctica experimental y deportiva de muchos años ha demostrado la extraordinaria importancia de la idea de estructura biodinámica de las acciones motoras complejas para el éxito de la preparación de los deportistas. Esto se expresa en un enfoque nuevo en general, primero de la enseñanza y perfeccionamiento de la técnica deportiva y, segundo, de la mejora de la eficacia de la preparación de fuerza especial de los deportistas.

En el primer caso, se tiene en cuenta que la atención del deportista debe concentrarse no en la asimilación de la forma espacial externa de los movimientos, sino en el dominio del «armazón de fuerzas» que condicionan estos movimientos y su correlación en el tiempo.

En el segundo caso, se tiene en cuenta los fundamentos concretos de la elección de los medios efectivos de la preparación de fuerza especial del atleta, que parte de la composición de la estructura biodinámica del esfuerzo deportivo.

Sobre esto trataremos en el siguiente capítulo.

8

Técnica deportiva y maestría deportivo-técnica

119

La técnica deportiva constituye una gran parte de la teoría y metodología del deporte. El estudio detallado de estos problemas de gran alcance y muchas facetas es en sí mismo una tarea independiente. Por ello, aquí me detendré tan sólo en algunas de las principales cuestiones del concepto de maestría técnica relacionadas de forma directa con lo que se expondrá más adelante.

La técnica deportiva es ante todo la coordinación de los esfuerzos musculares

Conviene recordar que en la literatura de la metodología del deporte se habla a menudo de coordinación de movimientos. Sin embargo, el material del presente capítulo prueba que en la ejecución del esfuerzo deportivo es necesario no sólo coordinar de forma racional los movimientos en el espacio (lo cual ya por sí mismo presenta una considerable dificultad), sino además hacerlo a una gran velocidad, lo cual exige una intensidad extrema de los esfuerzos, y en condiciones de tiempo estrechamente acotadas, en estado de agotamiento o de estrés psíquico.

Por ello, al hablar de técnica deportiva y de organización y dirección de los movimientos del deportista, conviene ante todo tener en mente no

sólo los propios movimientos, o sea, el desplazamiento relativo de los eslabones del cuerpo, sino la regulación de los elementos presentes en ese campo de fuerzas. En otras palabras, el discurso trata no tanto de la dirección de los movimientos como de la dirección de los esfuerzos que provocan y regulan el movimiento. Ésta es la esencia central del problema de la dirección del comportamiento motor del hombre en condiciones de actividad deportiva y el principal postulado metodológico de la teoría de la técnica deportiva (Y. Verkhoshansky, 1961, 1970).

Mecanismo energético de los esfuerzos deportivos

Como ya he expuesto, el efecto de trabajo de la acción deportiva es el resultado de la coordinación racional de la energía mecánica del movimiento del cuerpo del deportista y la energía que se libera en los procesos metabólicos. Dado que las condiciones de la actividad deportiva son extraordinariamente variadas tanto por magnitud de los esfuerzos desarrollados como por duración del trabajo muscular, tanto más diversos y específicos son los modos de aprovisionamiento de energía. Por tanto, en todos los casos posee una gran importancia aprovechar al máximo la fuerza de inercia del movimiento del cuerpo (o del aparato), conseguida en las fases preparatorias del esfuerzo deportivo (por ejemplo, en la carrera del salto de longitud).

Ser plenamente consciente de la energética de los esfuerzos deportivos, incluyendo la organización efectiva de la cooperación de las energías mecánica y metabólica, es una condición importante para la resolución exitosa de los problemas de la preparación física (de fuerza), técnica y especial del atleta.

Junto a ello es importante tener en cuenta que los movimientos del deportista son siempre una reacción integral del organismo que moviliza e integra todos sus sistemas fisiológicos. Las condiciones de realización del movimiento y las exigencias de su aporte de energía condicionan el

grado de movilización de estos sistemas, la orientación general dominante de la regulación de su cooperación y el carácter jerárquico de sus relaciones. Por consiguiente, el entrenamiento debe no sólo garantizar la formación de una estructura biodinámica racional de la acción deportiva, sino también establecer la ampliación necesaria para ello de las capacidades de los sistemas fisiológicos del organismo que sostienen su funcionamiento.

El concepto de técnica deportiva y maestría técnico-deportiva

121

Conviene diferenciar los conceptos de «técnica deportiva» y «maestría técnico-deportiva».

Técnica deportiva es el sistema de movimientos organizado para la resolución de una tarea motora concreta, que en una serie de modalidades deportivas está fuertemente determinada por las reglas de la competición (por ejemplo, en la gimnasia, el atletismo, el esquí y otros).

Maestría técnico-deportiva es la habilidad del atleta para aprovechar de forma efectiva su potencial motor en condiciones de entrenamiento y competición.

El primer concepto pertenece a la biomecánica y es una materia de su estudio. El segundo concepto –más amplio y vasto por su propia composición conceptual– pertenece a la teoría y metodología del entrenamiento deportivo.

La distinción entre estos conceptos posee una gran importancia de cara a formular de manera correcta los problemas y escoger los métodos efectivos de la preparación técnica de los atletas en las diferentes modalidades deportivas y en etapas de diferente duración.

Aquí conviene recordar que el principal sentido del concepto de maestría técnico-deportiva proviene de que el aumento del resultado de competición (S) viene garantizado primordialmente por dos factores:

- la mejora del nivel de preparación física especial o, en otras palabras, del potencial motor del deportista (P);
- su habilidad para organizar sus movimientos en el esfuerzo de competición de modo que se realice su creciente potencial motor (T) del modo más pleno posible.

122

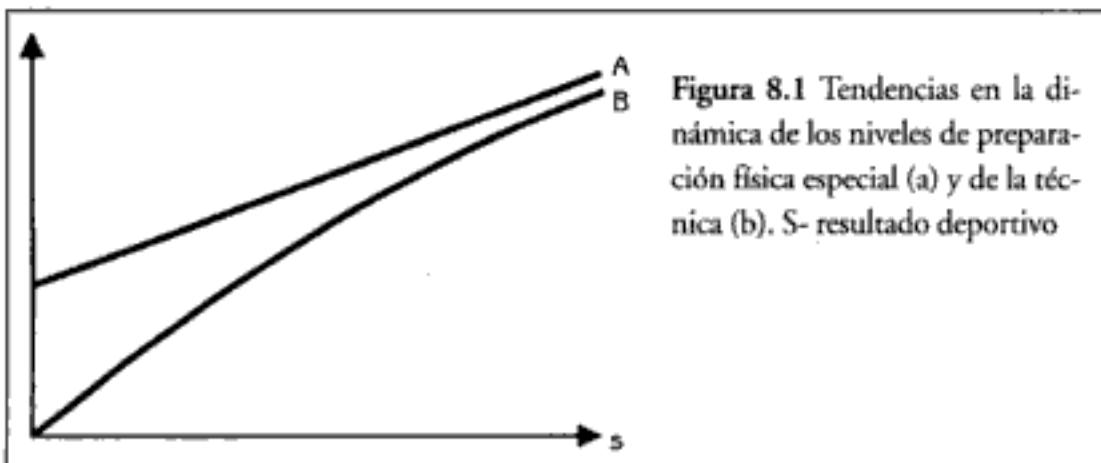


Figura 8.1 Tendencias en la dinámica de los niveles de preparación física especial (a) y de la técnica (b). S- resultado deportivo

Precisamente por ello, la mejora constante del potencial motor y el perfeccionamiento de la capacidad para aprovecharlo de manera efectiva y orientada hacia un objetivo por medio de un sistema concreto de movimientos (técnica deportiva) se presenta como una constante rectora del proceso de entrenamiento, y el grado de plenitud del aprovechamiento de las posibilidades motoras como uno de los criterios para juzgar su efectividad (Y. Verkhoshansky, 1961, 1966).

De ahí que la maestría técnico-deportiva *no sea un estado que pueda alcanzarse alguna vez, sino que es el resultado actualizado de un proceso ininterrumpido e interminable del movimiento, desde menos perfeccionado a más perfeccionado*. Por ello, la esencia del perfeccionamiento de la maestría técnico-deportiva en el entrenamiento a largo plazo reside en la búsqueda y asimilación permanentes de procedimientos motores racionales que permitan aprovechar del mejor modo posible el creciente potencial motor del deportista.

De este modo, la pregunta de qué es más importante (o qué es lo principal) en el entrenamiento, si la técnica o la preparación física del de-

portista (pregunta ni mucho menos inventada, sino encontrada bastante a menudo entre los entrenadores) está injustificada. La preparación física especial siempre debe anteceder al trabajo en técnica y disponer la base para el perfeccionamiento de la técnica. La tesis de algunos entrenadores —«al principio dominemos la forma del movimiento y después dotémosla de los contenidos necesarios»— es una mala filosofía.

El concepto de orientación principal de la acción deportiva

123

En el capítulo 6 he hablado de la orientación principal del sistema de movimientos en la acción motora compleja. Aquí precisaré el sentido metodológico de este concepto.

La orientación principal es la traducción concreta del determinante motor general que dirige la organización del sistema de movimientos hacia la realización del objetivo fijado. Un ejemplo en el atletismo sería el salto de longitud, en el que existen diferentes modos de ejecución de la carrera, los pasos preparatorios y de impulso, el movimiento durante el vuelo y los modos de aterrizaje, pero la principal orientación final (la determinante general o disposición motora), como ya se ha citado, la única e invariable, es «rápido en la carrera, fuerte en el impulso». Esta y no otra es la orientación principal de la acción deportiva.

La disposición para la puesta en práctica de la orientación principal de la acción es el principio metodológico más importante del dominio y del perfeccionamiento de la técnica deportiva. Este principio muestra que lo lógico es empezar la enseñanza de la técnica deportiva y su posterior perfeccionamiento no tanto desde el dominio de las formas espaciales de los movimientos como a partir de la búsqueda de un modo racional de poner en práctica la estructura mental propia de la acción motora y su determinante motor principal. Después se formará y perfeccionará sobre esa base la correspondiente estructura biodinámica del esfuerzo deportivo.

Mostraré un ejemplo. La metodología tradicional de enseñanza del salto de longitud con carrera se basa en el dominio de la técnica de impulso y aterrizaje en el foso con una carrera corta (5-7 pasos). Después se perfeccionan los saltos con carrera media y, finalmente, completa (20-22 pasos).

Sin embargo, el salto con carrera corta no es por su propia especificidad motriz un modelo adecuado para la competición (al margen de su parecido formal externo). Por ello, habiendo aprendido el salto con carrera corta con los medios de preparación para el impulso propios sólo de él, el deportista, no obstante, se encuentra ante un problema cuando pasa al salto con carrera completa.

Aquí resulta oportuno aportar un ejemplo instructivo. Ante mis ojos tomó forma, se desarrolló y concluyó la carrera deportiva del conocido saltador de longitud soviético, ex plusmarquista mundial, participante en cinco Juegos Olímpicos y varias veces campeón de Europa Igor Ter-Ovanesian. A finales de la década de los 40 el pequeño Igor dejó a su padre e ingresó en el Instituto de Cultura Física de Moscú, del cual era yo estudiante por aquel entonces.

Igor asistía con regularidad a nuestras lecciones de atletismo y ejecutaba con afán junto a nosotros todos los ejercicios, incluyendo la práctica de saltos de longitud con carrera corta, por la cual sentía una especial predilección. Pero ese amor se demostró fatal para él. En toda su futura vida deportiva fue incapaz de librarse del tipo de penúltimo paso de carrera propio del salto con carrera corta, lo cual ejerció una influencia muy negativa en sus resultados. Más adelante, cuando yo ya era el entrenador de la sociedad deportiva en la que competía él, analizamos una y otra vez con atención los diagramas cinematográficos de sus saltos, filmados con una frecuencia de 120 fotogramas por segundo. Igor entendió su error, pero por mucho que se esforzara, el hábito viciado de una metódica enseñanza de la técnica de salto no cedió ante la corrección.

De este modo, si pretendemos regirnos por el principio de puesta en práctica de la orientación principal de la acción deportiva, conviene re-

considerar el enfoque metodológico del dominio y perfeccionamiento de la técnica del salto. Por ejemplo, ante todo conviene dominar la técnica de carrera rápida y los ejercicios de salto especiales, y aumentar la fuerza de las piernas. A continuación empieza el dominio de la técnica de salto, *empleando carreras no cortas, sino completas (20-22 pasos)*.

La carrera no se ejecuta empleando toda la fuerza, sino con una aceleración («acumulación») en los últimos pasos. Esto no complica mucho la batida, pero permite asimilar la orientación primordial correcta del movimiento, que se traduce en aprovechar la velocidad de la carrera para conseguir longitud en el salto. Para dominar este problema (al principio parece inmensamente difícil), la velocidad de la carrera se aumenta gradualmente. El deportista asimila la técnica de la *batida a alta velocidad*, a continuación aumenta de forma gradual el ángulo de vuelo (sobre todo gracias al aumento de la potencia del impulso), estabiliza la longitud de la carrera completa y alcanza sus primeros éxitos en la competición.

De este modo, no es difícil comprobar la principal diferencia entre la metodología de enseñanza y perfeccionamiento de la técnica de salto con carrera corta o completa. La primera surge del objetivo de ajustar la velocidad de la carrera al impulso y, la segunda, por el contrario, *del ajuste del impulso a la velocidad de la carrera*. Puede apreciarse la superioridad de la segunda si se tiene en cuenta que la condición fundamental de la eficacia del salto *es la velocidad*, y el elemento del salto que la garantiza es la carrera, *pero en modo alguno el impulso*.

Aquí es oportuno recordar que este principio fue empleado junto al entrénador K. Zhalov en la preparación del saltador búlgaro campeón de Europa de triple salto en 1966 Georgui Stoikovski (16,67m).

Criterios de perfección de la técnica deportiva

La técnica deportiva puede considerarse perfecta si:

- se corresponde con las particularidades individuales del deportista,

- garantiza un empleo eficaz y al mismo tiempo económico del potencial energético del deportista,
- se reproduce de forma estable en condiciones extremas,
- no se ve alterada ante una velocidad máxima de ejecución y una alta potencia de los esfuerzos,
- se conserva en estado de agotamiento y elevado estrés psíquico durante la competición,
- es suficientemente flexible en situaciones cambiantes.

126

Guiándose por estos criterios, el entrenador debe tener en cuenta que la técnica deportiva es un elemento permanentemente cambiante de la maestría deportiva que se perfecciona sobre la base de un aumento del potencial motor del atleta y la correspondiente precisión de la estructura biodinámica del esfuerzo deportivo.

Relación entre la preparación técnica y la física

Como se desprende de la sección anterior, el perfeccionamiento de la maestría técnica y la preparación física especial son los componentes principales y estrechamente interrelacionados e interdependientes de un sistema a largo plazo de preparación del deportista. El carácter de las interacciones externas del deportista y su correspondiente régimen de trabajo del organismo determinan el contenido, la dirección y la magnitud de su especialización morfológica. Al mismo tiempo, el aumento del potencial motor del deportista garantiza la posibilidad de un perfeccionamiento posterior de la maestría técnica.

De este modo, el papel rector en la interrelación de los componentes citados corresponde al perfeccionamiento funcional del organismo del deportista. El desarrollo especializado de las capacidades motoras y el sistema de aporte de energía del trabajo muscular de esfuerzo asume la calidad de factor principal para el perfeccionamiento de la maestría técnica. De ello se desprende que el aumento del nivel de preparación física espe-

cial debe anteceder al trabajo en profundidad enfocado al perfeccionamiento de la maestría técnica.

El perfeccionamiento de la técnica debe traducirse no sólo en la reestructuración del sistema cinemático externo de movimientos o sus detalles individuales, sino ante todo *en la puesta en conformidad de su estructura biodinámica con un nivel nuevo y más alto de posibilidades motoras del deportista*.

Para la realización de este principio metodológico es imprescindible establecer desde el comienzo mismo la coordinación necesaria de los problemas de la preparación técnica y física y, lo más importante, *perfeccionar de forma sistemática la técnica deportiva en correspondencia con un creciente nivel de preparación física especial del deportista*.

Solidez de la maestría técnica

El concepto de maestría técnica sobreentiende no sólo la habilidad del deportista para coordinar esfuerzos y movimientos, sino también la de reproducir de forma efectiva la correspondiente estructura biodinámica del ejercicio deportivo en condiciones extremas, como por ejemplo:

- una carga significativa o una gran resistencia externa,
- velocidades extremadamente elevadas,
- fatiga creciente,
- situación variable.

Hoy en día puede considerarse de alto nivel tan sólo aquel deportista que ostenta un gran dominio de la técnica, demostrado en un alto nivel de intensidad de los esfuerzos o de fatiga, una técnica que no exija grandes gastos de tiempo y energía en su perfeccionamiento y que precise aún menos de reestructuración, es decir, una técnica que no limite el proceso de preparación para la competición.

El deportista de alto nivel no debe consagrarse el ciclo anual de preparación a estudiar técnica ni desviar hacia ella su perfeccionamiento, *sino*

prepararse de forma definida para la próxima competición. Este requisito, establecido como principio riguroso y garantizado por la correspondiente organización del entrenamiento a largo plazo, elimina la posibilidad de ruptura y contradicción entre la preparación física especial y la preparación técnica, tan típica de las últimas décadas.

Junto a ello, en la presente etapa, este requisito debe convertirse en el principal criterio de racionalización y organización del proceso de entrenamiento.

Individualización de la maestría técnica

Existen principios biomecánicos útiles de organización de los movimientos deportivos que son comunes (por no decir obligatorios) para todos. Pero, a pesar de ello, existen también particularidades individuales propias de cada deportista de carácter anatómico-morfológico, fisiológico, psicológico y genético.

La sabiduría en la que debe fundamentarse el método de dominio y perfeccionamiento de la maestría deportiva se encuentra en el punto medio. Se basa en atenerse de forma rigurosa a los fundamentos biomecánicos generales de la maestría técnica, al tiempo que se aprovechan al máximo las propiedades individuales del deportista y se compensan sus deficiencias.

9

Particularidades del perfeccionamiento de la maestría técnica en diferentes modalidades deportivas

129

En función de las condiciones específicas de competición y de las particularidades del aprovechamiento que hace el deportista de su potencial motor para la resolución de la tarea (tareas) motora, pueden distinguirse cuatro grupos de modalidades deportivas:

- modalidades deportivas que exigen esfuerzos explosivos potentes;
- modalidades deportivas que exigen una precisa dosificación de los esfuerzos y una exactitud espacial de los movimientos;
- modalidades deportivas caracterizadas por las condiciones variables de la competición y que exigen un resistencia específica;
- modalidades deportivas con una estructura cíclica de movimientos que exigen el desarrollo de la resistencia.

Modalidades deportivas que exigen esfuerzos explosivos potentes

Para las modalidades deportivas que exigen esfuerzos explosivos es característico el aprovechamiento pleno de las posibilidades del deportista. En este caso, el sistema de movimientos no debe atender a detalles super-

fluos, sino ser en la medida de lo posible económico en cuanto a gasto de energía en las fases preparatorias y garantizar la movilización del potencial energético en aquellas fases en las se pone en práctica la principal disposición mental de cara a la resolución del problema motor (por ejemplo, en los saltos y lanzamientos del atletismo, la halterofilia o la gimnasia).

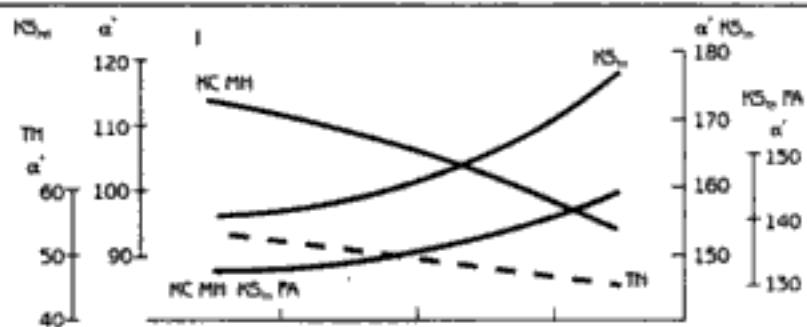
Esto se asegura merced a la formación de una estructura biodinámica del sistema de movimientos que permanezca estable y constante frente a factores adversos. Con el aumento de la maestría deportiva se produce un permanente perfeccionamiento de la estructura biodinámica, un incremento de la proporción de esfuerzos de trabajo que contribuyen de forma directa a la resolución de la tarea motora y una disminución en las fuerzas que lo obstaculizan. En la composición cinemática externa de la acción deportiva esto se refleja en un aumento de la amplitud de trabajo y de la rapidez de los movimientos, y en su concordancia racional en el tiempo y el espacio.

Como condición para el perfeccionamiento de la estructura biodinámica y el incremento del efecto de trabajo de la acción deportiva encontramos en primer lugar la mejora del potencial motor del deportista y su capacidad para manifestar un esfuerzo explosivo potente en condiciones de tiempo limitado.

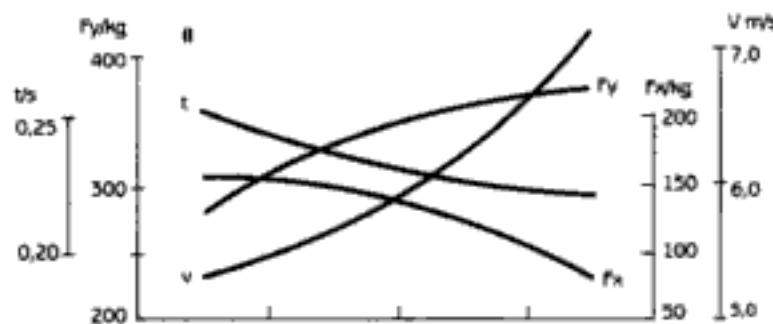
La figura 9.1 presenta los datos que caracterizan el proceso a largo plazo en el perfeccionamiento deportivo de saltadores de altura. Antes de nada, concentrar la atención sobre el crecimiento acelerado de los índices que caracterizan el nivel de preparación de la velocidad y de la fuerza de los deportistas (gráficos III y IV, donde Po=fuerza absoluta, Q=fuerza inicial, I=fuerza explosiva muscular, Fmáx=fuerza máxima, y N=potencia del esfuerzo explosivo).

El crecimiento del potencial de la velocidad y de la fuerza contribuirá en el aumento de la velocidad del impulso (V, gráfico II) y para el perfeccionamiento del sistema de movimientos en el transcurso de la batida

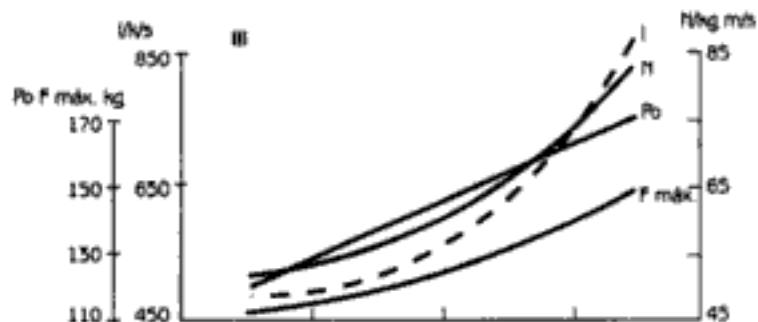
Organización de la acción motora compleja



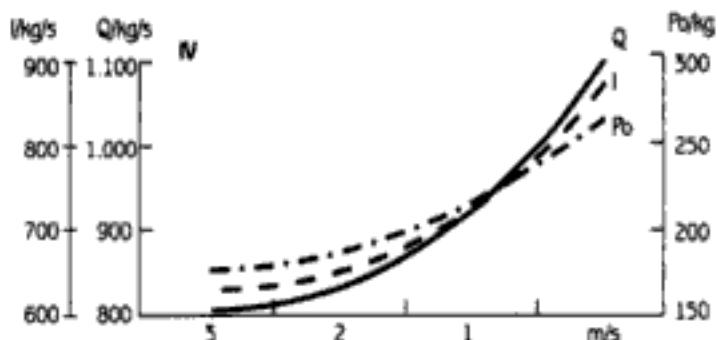
Características angulares de los movimientos



Características de la batida y le impulsión



Características de la velocidad y la fuerza de extensión de la pierna y de la flexión del pie



Características de la velocidad y de la fuerza en la extensión de la pierna y la flexión del pie

Figura 9.1 Dinámica de los índices de la preparación especial de los saltadores de altura a medida que aumenta su nivel deportivo.

(gráfico I). Aumentará la profundidad de la flexión durante los pasos anteriores a la batida, lo que es comprobado por la disminución del ángulo en la articulación de la rodilla de la pierna libre durante la penúltima pasada (KCmh). Al mismo tiempo, la pierna de batida se apoya más extendida en la articulación de la rodilla (KCth) flexionada en la fase de amortiguación (KCthCDA). Por esto, crece la amplitud de la influencia activa sobre el centro de la masa corporal en el tránscurso de la batida, y la pierna de batida será mejor aprovechada como palanca para girar el vector de velocidad ganado durante el impulso. Como resultado, será alterado el carácter de la interacción del saltador con el apoyo (gráfico II); será reducida su duración $F(y)$ y minimizado su componente horizontal $f(x)$ que caracterizan las áreas de las fuerzas que tienen influencia negativa. Al crecer el nivel deportivo, la correlación entre las capacidades de velocidad y de fuerza presentadas en los gráficos III y IV crecerá. En los ejercicios deportivos relacionados con la batida, el carácter de interacción está determinado por el nivel de desarrollo de las capacidades de velocidad y de fuerza. La figura 9.2 presenta los datos obtenidos en laboratorio respecto al grado de unión de las fuerzas de producción (P_o), y explosiva (I) musculares con algunos parámetros de la curva $F(t)$, registradas en el tránscurso del salto de longitud (deportistas de diferente nivel, $n=40$). El principal papel del entrenamiento de la velocidad y la fuerza para el perfeccionamiento deportivo es muy propio para otras modalidades deportivas caracterizadas por esfuerzos explosivos, tales como halterofilia, lanzamientos y gimnasia. Siendo así, en esta modalidad, el nivel deportivo está determinado por la habilidad del deportista de aprovecharlo. El incremento del nivel de preparación de la velocidad y de la fuerza es el factor determinante del progreso deportivo. Las exigencias técnicas y las secuencias de su perfeccionamiento durante el entrenamiento a largo plazo deberá ser muy bien coordinadas con las capacidades del deportista. Por esto, el aumento del nivel de preparación especial de la fuerza deberá anticipar el pase hacia unos nuevos elementos más complejos y presentar las alternativas para incrementar el nivel

deportivo. El menosprecio de esa condición creará obstáculos difíciles de ser superados durante la preparación del deportista, complicando mucho la posibilidad del aprovechamiento de los principios de la programación y organización del proceso de entrenamiento que analizamos.

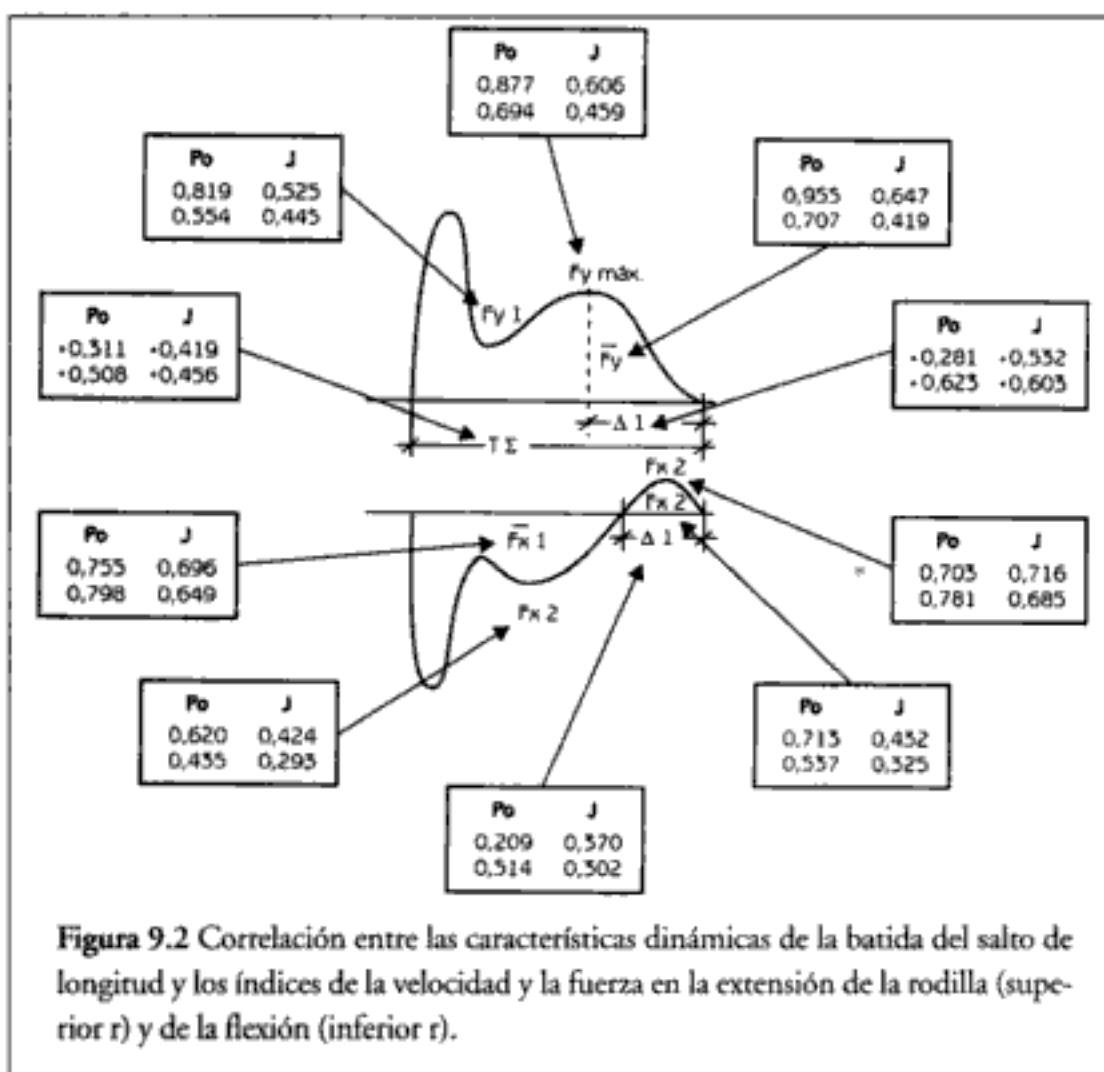


Figura 9.2 Correlación entre las características dinámicas de la batida del salto de longitud y los índices de la velocidad y la fuerza en la extensión de la rodilla (superior r) y de la flexión (inferior r).

Modalidades deportivas que exigen una precisa dosificación de los esfuerzos y una exactitud espacial de los movimientos

Para el progreso de la maestría técnica en las modalidades deportivas que exigen una dosificación precisa de los esfuerzos y una exactitud spa-

cial de los movimientos (por ejemplo, la gimnasia, el patinaje artístico y todas las modalidades de tiro olímpico) es característica la formación de una determinada «reserva de estabilidad» del potencial motor, esto es, el desarrollo de las capacidades motoras hasta un nivel que sobrepase al que es estrictamente necesario para la ejecución del ejercicio de competición. Con ello se garantiza la posibilidad de incluir algunas variaciones en la ejecución de los movimientos deportivos sin peligro de salirse de los límites de las posibilidades motoras del atleta.

134

Por ejemplo, para asegurar el máximo necesario de esfuerzo en el dominio de los elementos difíciles de los aparatos, los gimnastas desarrollan especialmente la fuerza de los músculos. Pero después del dominio del elemento complicado y su inclusión en la combinación, el máximo de esfuerzo manifestado se reduce aproximadamente en un 20%, debido al perfeccionamiento de la coordinación intermuscular y la disminución del esfuerzo general. El elemento se ejecuta con mayor libertad, y en el proceso de ejecución de la combinación el nivel de capacidad de trabajo específica se mantiene durante más tiempo. Es por ello que en este caso el nivel alcanzado de fuerza máxima no constituye una adquisición superflua para el organismo. Su existencia permite ciertas variaciones en los detalles de los movimientos a la vez que una ejecución técnica totalmente estable de la combinación.

La figura 9.3 presenta los diagramas de ejecución de los elementos en las barras paralelas realizadas por gimnastas diferentes.

Es fácil notar que la estructura rítmica y el diseño dinámico del movimiento se mantienen relativamente permanentes a pesar de cierta variación en los detalles. Los diagramas de la figura 9.4 comprueban la poca variación en la interacción con el aparato deportivo tanto por el valor de los esfuerzos, como por la estructura de tiempo en la realización del movimiento por un gimnasta (b o C) o por varios deportistas (A).

En otra modalidad deportiva –el tiro con arco– la maestría técnica se caracteriza por indicadores tales como exactitud en la reproducción del esfuerzo planteado, capacidad de dirigir el esfuerzo de los músculos o relación de la fuerza del arco con la fuerza máxima de los músculos. Estos

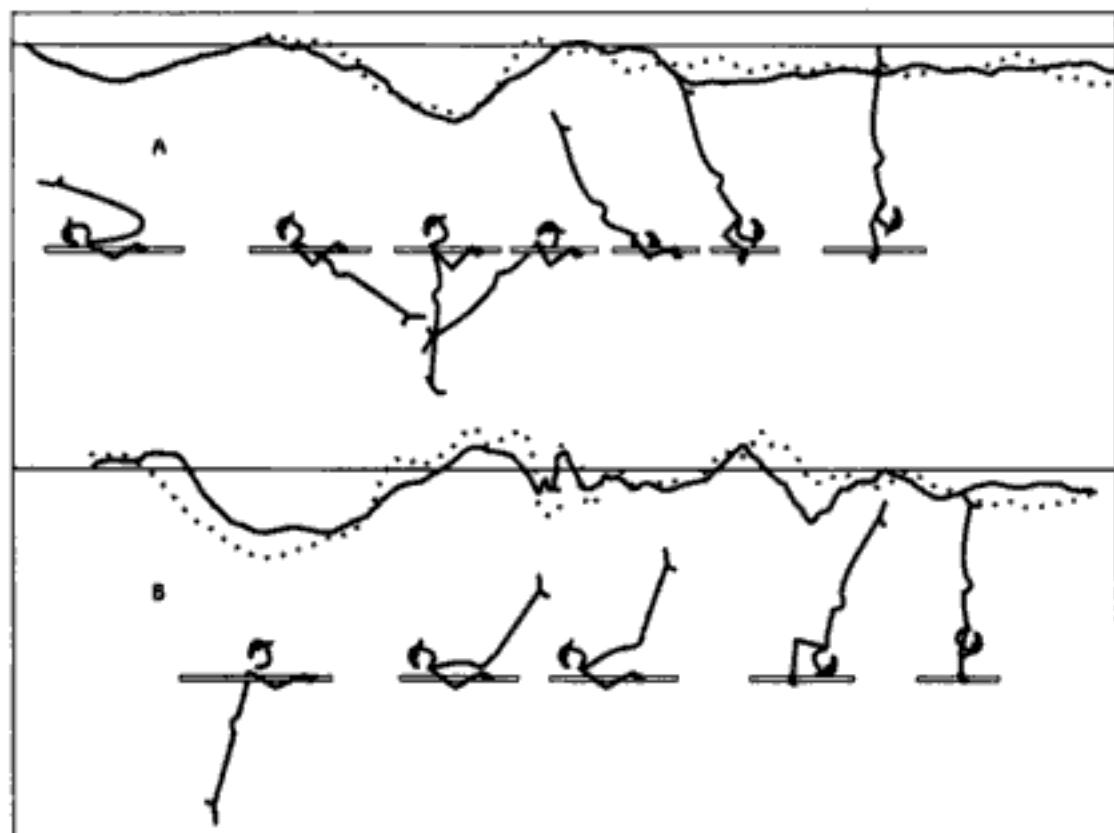


Figura 9.3 Ciclograma de movimiento y dinamograma de la carga total en las barras paralelas durante el ejercicio realizado por los gimnastas (Y. Menkhin, 1989)

J levantamiento con el movimiento hacia atrás para la posición "vertical con brazos extendidos"

K vertical de brazos extendidos con el impulso hacia atrás.

indicadores muestran una dinámica casi lineal con el aumento de la cualificación del deportista (Fig. 9.9).

Así, en los deportistas de talla internacional, el error en la reproducción del esfuerzo planteado (F) es 6 veces menor que en los principiantes, y el esfuerzo aplicado a la cuerda es de $1/2$ de su fuerza máxima contra $3/4$ de la de los principiantes. Asimismo, es interesante destacar que los deportistas de alto nivel pueden mantener la cuerda en estado tenso (T_{max}) durante un tiempo cerca de 4 veces superior al de un principiante, aunque el tiempo de disparo (t_B) depende poco de la cualificación.

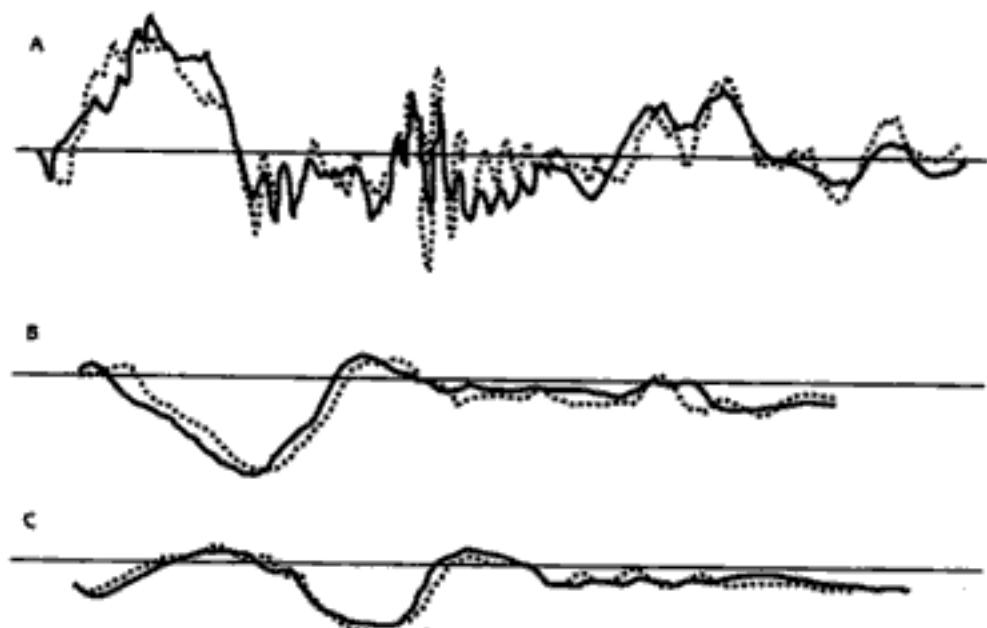


Figura 9.4 Dinamogramas de la carga total que desarrollan sobre las barras, haciendo la vuelta hacia atrás por dos gimnastas de diferente peso

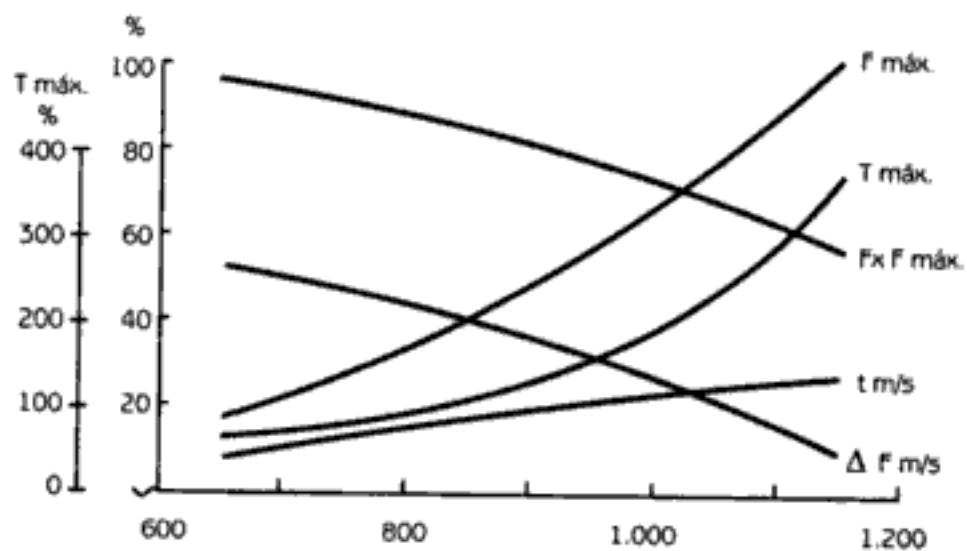


Figura 9.5 Cambio de los índices de preparación técnica y física de los tiradores con arco con el aumento de la maestría. Horizontalmente, el resultado deportivo en puntos.

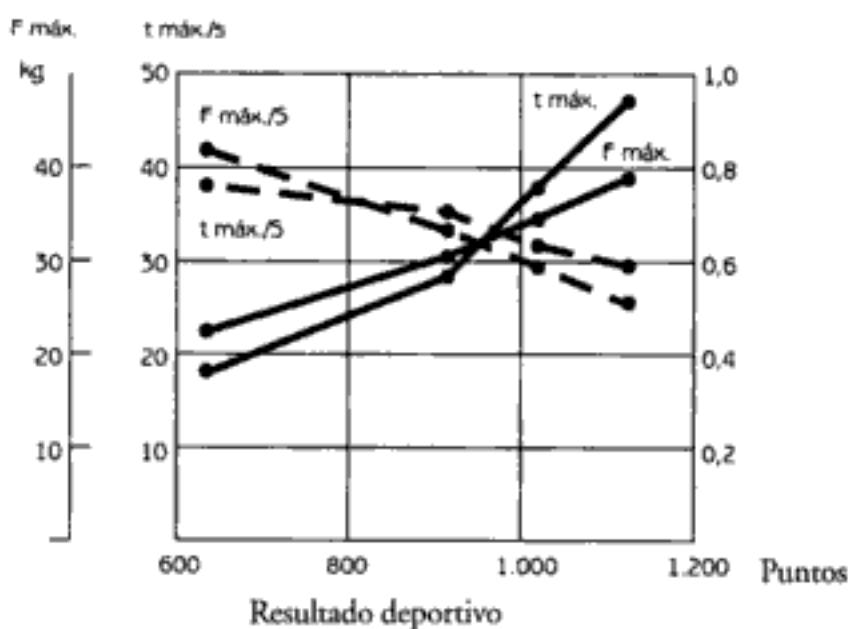


Figura 9.6 Dinámica de los índices de fuerza máxima de los músculos (F_{\max}) y su resistencia de fuerza (t_{\max}) respecto del resultado deportivo de los tiradores con arco. La línea de puntos muestra la dinámica del coeficiente de la correlación de F_{\max} y t_{\max} con el resultado deportivo (S).

En cambio, la relación entre el tiempo de disparo y el tiempo máximo de mantenimiento de la cuerda depende considerablemente de la cualificación del arquero. El tiempo de disparo en los maestros del deporte supone cerca de 1/5 del tiempo máximo de mantenimiento de la cuerda, mientras que en los principiantes es más de 1/3.

En el presente caso se observa una interesante correlación entre los niveles de preparación técnica y física de los deportistas. Cuanto mayor sea su maestría, mayor será el ritmo de crecimiento de indicadores de preparación física tales como fuerza máxima de los músculos (F_{\max}) y resistencia estática de fuerza (T_{\max}). Se trata de una particularidad específica de las modalidades deportivas que exigen esfuerzos precisos y rigurosamente dosificados, que genera la necesidad de crear una singular «reserva de potencia», dentro de cuyos límites se puede conseguir de forma garanti-

zada un esfuerzo de la magnitud necesaria, con independencia de la variabilidad de los esfuerzos externos.

Y aún hay otra particularidad característica. Si en otras modalidades deportivas con el aumento de la maestría se observa una relación más estrecha entre la maestría técnica (o los resultados deportivos) y el nivel de preparación física, en el caso presente, por el contrario, la correlación de fuerza muscular y resistencia de fuerza con los resultados deportivos disminuye (Fig. 9.6). Esto da una idea de cómo el nivel de preparación física no se aprovecha ni mucho menos en su totalidad, y los límites de la «reserva de potencia» no poseen ningún valor determinado.

Modalidades deportivas caracterizadas por las condiciones variables de la competición y que exigen un resistencia específica

Con este grupo de modalidades deportivas se asocian las artes marciales y los deportes de equipo. La particularidad más destacada es en este caso la existencia de un amplio abanico de acciones motoras complejas que exigen un alto nivel de desarrollo de la capacidad de manifestar esfuerzos explosivos y poseen una determinada variabilidad de adaptación a las condiciones cambiantes de la competición. Al mismo tiempo, es típico de estas modalidades deportivas un alto nivel de desarrollo de la capacidad de hacer frente al cansancio sin que disminuya la efectividad de las acciones y procedimientos técnicos y tácticos.

Así, la calidad de la maestría técnica en la lucha olímpica está determinada en gran medida por el nivel de desarrollo de la fuerza resistencia. Por ejemplo, las observaciones en el proceso de competición de lucha libre han demostrado que la cantidad de acciones deportivas empleadas por los deportistas se reduce hacia el final de cada período de confrontación. La mayor saturación de acciones técnicas se produce en los primeros minutos de cada período. En otras palabras, los deportistas se muestran más activos inmediatamente después del descanso.

Con el aumento de la maestría de los luchadores, el nivel de desarrollo de la fuerza resistencia crece de forma constante, lo que les proporciona la posibilidad de conservar la actividad técnica en condiciones de fatiga creciente durante un tiempo más prolongado. Sobre la base del desarrollo de la fuerza resistencia específica, el luchador construye el perfeccionamiento de los mecanismos aeróbicos de aporte de energía para el trabajo muscular.

Un cuadro análogo se observa en el boxeo. La maestría técnica de los boxeadores se perfecciona gracias al dominio del arsenal de acciones de combate y a la elaboración de un estilo individual de pelear. Con el aumento de la maestría se incrementa la fuerza y el ritmo de administración de los golpes. La base funcional de la maestría técnico-táctica de los boxeadores se expresa tanto en un aumento de la fuerza máxima de los músculos y un desarrollo de la capacidad de ejecutar esfuerzos explosivos de alta potencia, como en un perfeccionamiento del rendimiento aeróbico y anaeróbico del organismo.

Así, la comparación de la preparación funcional de vencedores y vencidos en un combate de boxeo atestigua que los ganadores superan a sus rivales en todos los parámetros de rendimiento aeróbico máximo. Asimismo está establecido que el aporte energético del combate de boxeo se produce con participación de la glucólisis y que la resistencia especial de los boxeadores está determinada en gran medida por la estabilidad de sus organismos frente a los productos del intercambio anaeróbico.

En los deportes de equipo, la maestría técnica se caracteriza ante todo por una rica reserva tanto de acciones motoras elementales como complejas, con una estructura biodinámica estable. Cuanto mayor reserva de prácticas motoras posea el deportista y cuanto mejor las emplee en el juego, tanto mayor será su maestría técnica. Puede resolver de forma rápida y efectiva una tarea motora surgida de forma inesperada, ejecutar de manera estereotipada los elementos sencillos y complejos del juego, resolver la misma tarea motora empleando diferentes variantes de movimientos, realizar de forma efectiva la acción de juego en condiciones variables, etc.

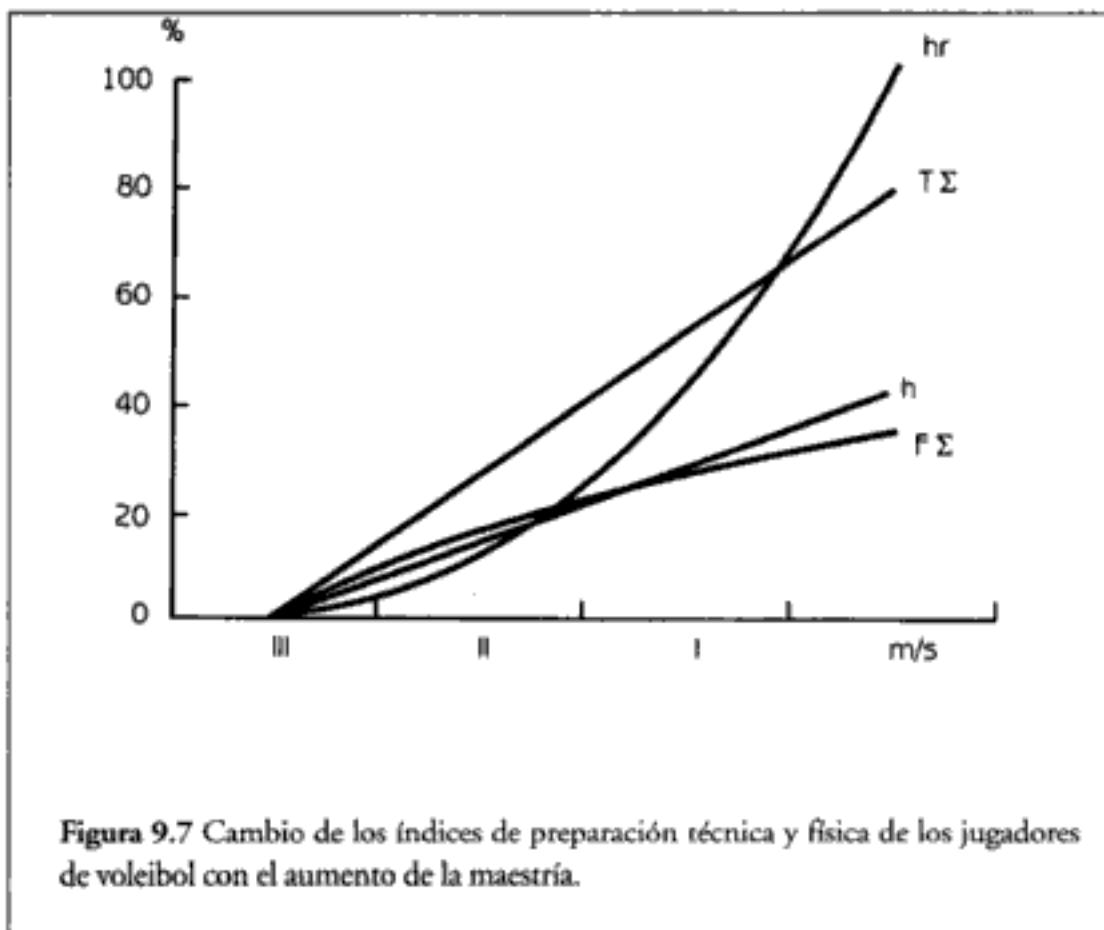
En el aumento de la maestría deportiva en los deportes de equipo es asimismo característico el papel determinante de la preparación física de los deportistas. Por ejemplo, la mejora del índice global de maestría técnica (T_s) de los jugadores de voleibol (según la valoración de las capacidades de envío del balón con las dos manos desde recepción con mano baja, el envío del balón con las dos manos desde arriba, remate, bloqueo y saque) a medida que aumenta la cualificación de los deportistas depende de la mejora del nivel de su preparación especial de fuerza (Fig. 9.7), que se distingue por un claro carácter específico. De este modo, si bien las capacidades explosivas de los músculos manifestadas durante el salto vertical (h) aumentan de forma lineal, y el índice global de la fuerza de 10 grupos de músculos (F_s) lo hace incluso con retraso, el índice de resistencia de salto, no obstante, (h_m) crece de forma claramente acelerada. Al mismo tiempo, la correlación de este índice con el nivel de maestría técnica en los maestros del deporte aumenta de forma sustancial.

El perfeccionamiento del arsenal técnico-táctico de los jugadores de baloncesto también está relacionado con el crecimiento de su preparación funcional y la mejora de la estabilidad de las prácticas motoras específicas frente a una fatiga desarrollada en condiciones de actividad intensa de competición.

Para conservar la efectividad de la maestría técnica en tales condiciones es imprescindible un alto nivel de desarrollo de la potencia anaeróbica máxima, que se basa en una preparación en fuerza y velocidad de los baloncestistas y en la capacidad glucolítica anaeróbica que garantiza la resistencia específica de velocidad de los jugadores. Al mismo tiempo, con el aumento de su maestría en el aporte energético crece también la participación de los procesos aeróbicos que aportan la posibilidad de repetir muchas veces durante el transcurso del partido los períodos de alta actividad de juego.

Cabe añadir que en deportes de equipo tan proclives a las lesiones peligrosas como el baloncesto, el balonmano, el rugby, el fútbol americano y otros, es muy importante lo que se conoce como preparación física

profiláctica. Lo aclararé con un ejemplo. En los Estados Unidos me pidieron que elaborase un programa de preparación especial de fuerza para un equipo profesional de fútbol americano. Cuando respondí que no conocía bien las características de este deporte, el entrenador del equipo me dijo: «¡Oh, es muy fácil! –Entonces se arrimó las palmas de las manos a las orejas y añadió–: Lo importante es que el cuello de los jugadores sea más ancho que sus orejas». Aquel que sepa lo que es el fútbol americano entenderá sin problemas la profunda sabiduría de este consejo.



Modalidades deportivas con una estructura cílica de movimientos que exigen el desarrollo de la resistencia

Como ya se ha comentado, la composición de la estructura de movimientos de los ejercicios cílicos es algo más fácil de analizar que la de las locomociones no cílicas. Su particularidad reside en la repetición constante de ciclos estereotipados de movimientos que no exigen una potencia de esfuerzos musculares de extrema magnitud. Sin embargo, bajo la aparente sencillez del esquema cinemático de las locomociones cílicas se oculta una estructura biodinámica extraordinariamente sutil y una racionalización excepcional de su organización.

La tarea motora común a todas las modalidades deportivas cílicas reside en desplazarse lo más rápido que se pueda por una distancia, a la vez que se hace con la máxima economía posible de esfuerzos musculares y energía. De este modo, la maestría técnica en las modalidades deportivas cílicas viene determinada por las posibilidades de fuerza del deportista, la capacidad y el rendimiento económico del consumo del potencial energético y la eficacia del restablecimiento de lo gastado en el transcurso de la competición.

El rendimiento económico del consumo de recursos energéticos del organismo es la particularidad específica de la maestría técnica en las modalidades deportivas cílicas. Por ejemplo, cuando los patinadores más cualificados ejecutan una carga normal emplean una cantidad de oxígeno menor que los deportistas de nivel más bajo. Y en tanto que con el aumento de la maestría la PMO va en aumento, del mismo modo se reduce en consecuencia el porcentaje de empleo de las posibilidades aeróbicas en estos casos.

También se ha comprobado que con la mejora del entrenamiento en condiciones de desplazamiento a velocidad estándar cambia la proporción entre ritmo y longitud de la distancia salvada con un ciclo de movimientos. Los deportistas más cualificados cumplen la tarea con pasos o

brazadas más largos, pero con un ritmo más bajo de movimientos, lo que constituye una prueba más de la economización del consumo energético.

La distribución de fuerzas en la distancia o táctica de recorrido de la distancia posee una importancia esencial para el gasto racional y económico de energía. Es bien conocido que una carrera uniforme resulta más económica que una variable. El cambio de velocidad de desplazamiento en carrera de los deportistas cualificados en una gama relativamente reducida de 6 a 6,5 m/s conduce a una alteración brusca del mecanismo de aporte de energía. Aumenta de forma abrupta la magnitud de la deuda máxima de oxígeno y de su fracción de lactato y se produce un importante cambio en el equilibrio oxígeno-alcalino de la sangre y una acumulación de los productos no oxidados del intercambio.

Queda así demostrado que un ritmo variable de trabajo relacionado con la mejora de su potencia provoca un crecimiento del componente anaeróbico del gasto de energía debido a la activación de la glucólisis. En consecuencia, el trabajo resulta energéticamente menos eficaz que con un ritmo uniforme. Sin embargo, en la práctica no siempre es posible un recorrido uniforme de la distancia. En el deporte actual es característica una intensa lucha táctica en la distancia que precisamente se distingue por un cambio de ritmo de los desplazamientos, largas aceleraciones y una prolongada y fogosa finalización, tanto más rápida cuanto antes empieza. En este caso, no se trata tanto de economizar el gasto de energía, sino de la habilidad de aprovechar de forma plena y eficaz las posibilidades energéticas, algo que debe lograrse mediante una preparación especial durante el proceso de entrenamiento.

Parte 3

145

CAPACIDAD ESPECIAL DE TRABAJO DEL DEPORTISTA

Por capacidad especial de trabajo entendemos las posibilidades funcionales reales del organismo humano para la ejecución efectiva de una actividad muscular concreta. Con ello se designa aquel estado funcional relativamente estable del organismo que permite resolver con una elevada eficacia las tareas del entrenamiento y la competición.

El mecanismo de adaptación a largo plazo del organismo del deportista a las condiciones de la actividad de entrenamiento y competición se fundamenta en la adquisición y mejora de la capacidad especial de trabajo, lo cual se expresa exteriormente en su especialización morfológica.

Aquí analizaremos las particularidades más generales de la especialización morfológica (EMF) del organismo del deportista durante el proceso de entrenamiento a largo plazo y algunas formas concretas de la actividad motriz del hombre, condicionadas por el régimen de trabajo específico de su sistema motor en una serie de grupos de modalidades deportivas.

10

Particularidades del funcionamiento del organismo humano durante la actividad deportiva

147

Lo que se conoce por capacidad de entrenamiento del organismo del deportista se fundamenta en el perfeccionamiento de la capacidad especial de trabajo del atleta.

La capacidad de entrenamiento del organismo es su habilidad para cambiar (perfeccionar) sus posibilidades funcionales bajo la influencia del entrenamiento sistemático, algo que depende de una serie de propiedades únicas fijadas genéticamente y propias de él.

Algunas propiedades únicas del organismo humano

Atenderemos aquí dos propiedades tan importantes para la actividad deportiva como:

- la universalidad funcional de su sistema motor (locomotriz);
- la actividad de adaptación de todos sus sistemas vitales.

Universalidad funcional del aparato motor

La actividad motora del hombre, sea cual sea la forma cualitativa de capacidad de trabajo que exija, se pone en práctica por medio del mismo

juego de grupos musculares, la regulan los mismos mecanismos centrales y periféricos y depende funcional y energéticamente de los mismos sistemas fisiológicos del organismo.

Esta universalidad funcional permite que el hombre resuelva cualquier tarea motora que surja en las más diversas situaciones vitales, y hacerlo sin más que una composición de mecanismos de trabajo óptimamente minimizada pero extraordinariamente flexible. Estos mecanismos poseen un amplio abanico de posibilidades motoras que garantizan la puesta en práctica de operaciones de trabajo sutiles y diversas y la ejecución del trabajo manifestando en ello los esfuerzos necesarios o la conservación prolongada de su efecto de reproducción.

Actividad de adaptación del organismo

Además de una universalidad funcional, el organismo posee también unas amplias posibilidades de adaptación, fundadas en la extraordinaria plasticidad de sus funciones fisiológicas. En ella se fundamentan propiedades tales como:

- *capacidad de reactividad*, es decir, la capacidad de responder a influencias externas con un cambio adecuado de sus características funcionales;
- *supercompensación*, es decir, el restablecimiento en exceso (con creces) de los recursos energéticos gastados en el trabajo y de las estructuras proteínicas destruidas en el proceso.

El organismo se encuentra siempre en estado de interacción activa con el medio externo. Reacciona ante cualquier cambio que se produzca en él con los correspondientes cambios de su propio estado. Gracias a esta reactividad queda garantizada la reestructuración de la adaptación motriz de las relaciones internas y externas del organismo y se conserva la estabilidad dinámica y la constancia de todas sus funciones fisiológicas. Del mismo modo, el organismo adquiere la posibilidad de neutralizar los

eventuales cambios del medio externo y de mantenerse en él como sistema relativamente independiente y funcionalmente íntegro.

El carácter activo de las posibilidades de adaptación se traduce en la capacidad del organismo para supercompensar los recursos energéticos consumidos durante la ejecución de actos de la vida cotidiana en aquellas condiciones en que superan la norma habitual. En otras palabras, los gastos durante la hiperfunción se restablecen con creces gracias a la síntesis redoblada de substratos ricos en energía y de proteínas estructurales destruidas.

De este modo, como resultado de un entrenamiento enfocado y regular el organismo puede, reaccionando de forma activa ante las interacciones externas, *aumentar de manera selectiva sus posibilidades de trabajo y desarrollar cuantitativamente aquella forma específica de capacidad de trabajo que está condicionada por la actividad motriz concreta y es la principal responsable de su éxito.*

El entrenador podrá encontrar un análisis más detallado del organismo como sistema biológico activo en los manuales de fisiología. Aquí nos detendremos de forma sucinta tan sólo en aquella parte de la fisiología de los movimientos que posea alguna relación inmediata con el apoyo funcional a la actividad muscular por parte de los sistemas vitales del organismo.

Mantenimiento funcional del trabajo muscular en condiciones de actividad deportiva

Los músculos esqueléticos del hombre –responsables fundamentales del trabajo mecánico– poseen un amplio abanico funcional y una reserva de adaptación. Son capaces de contraerse con rapidez, desarrollar y mantener esfuerzos significativos, trabajar durante un espacio de tiempo prolongado y mejorar esencialmente estas capacidades bajo la influencia del entrenamiento. Esta capacidad es propia tanto de la estructura morfológica de los propios músculos como de la plasticidad de

todos los sistemas del organismo que intervienen en el mantenimiento de su trabajo mecánico.

En la figura 10.1 se presenta una perspectiva general y esquemática del mantenimiento funcional de la capacidad de trabajo de los músculos por parte de los sistemas fisiológicos del organismo.

El papel fundamental en la organización y mantenimiento de la actividad muscular intensa pertenece a la zona motora del sistema nervioso central (A) y a los sistemas vegetativos (B).

150

La zona motora central de la corteza de los hemisferios cerebrales forma impulsos dirigidos a las motoneuronas de la médula espinal que, a su vez, llevan a cabo la activación y coordinación del trabajo de los mú-

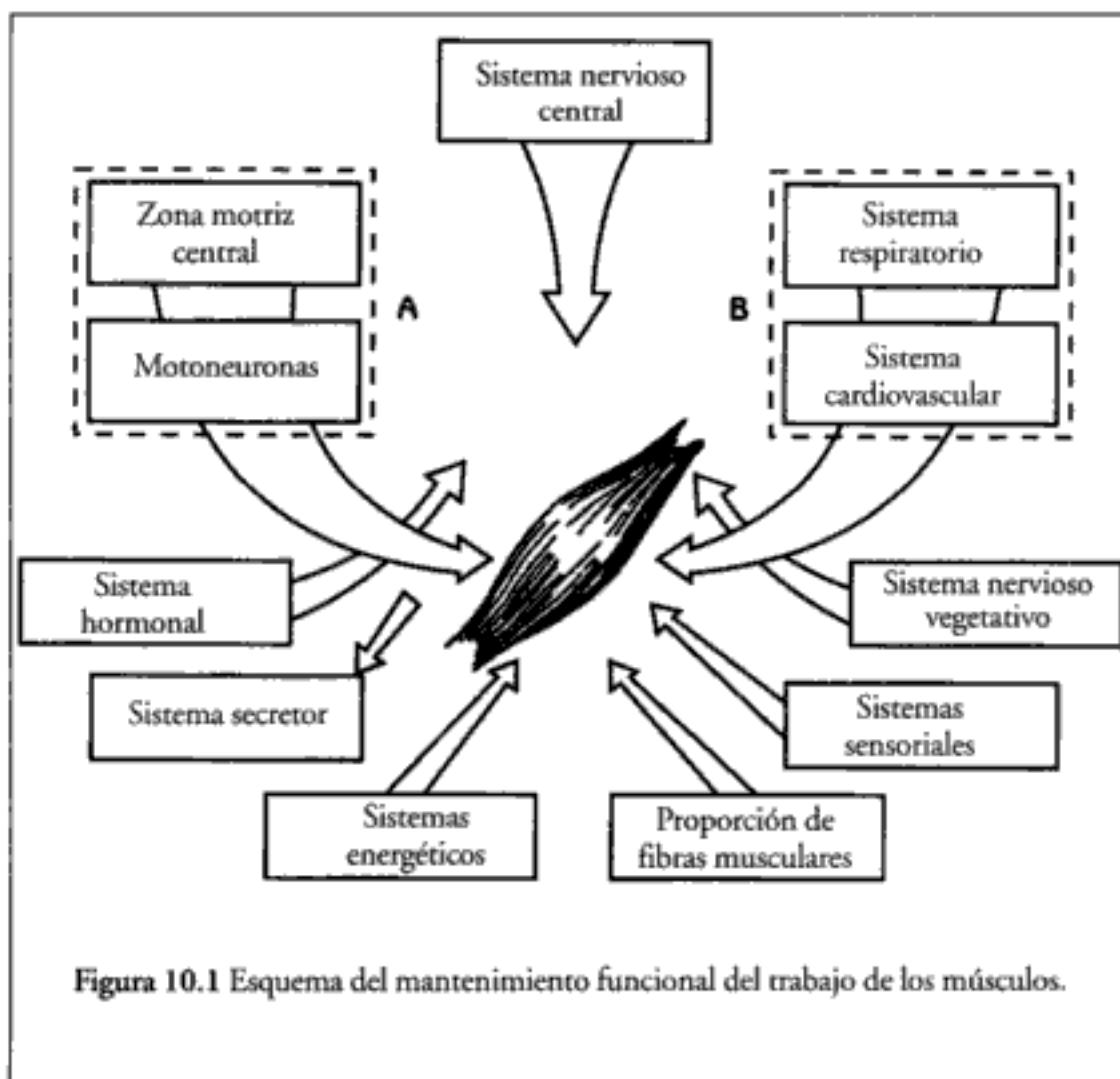


Figura 10.1 Esquema del mantenimiento funcional del trabajo de los músculos.

culos esqueléticos. Al mismo tiempo, la zona motora central controla el caudal de señales aferentes que le informan de los resultados obtenidos. Cuanto mayor sea la intensidad del trabajo que se le exige a los músculos, mayor potencia de impulso central requerirán. Y, si las posibilidades del SNC no pueden mantenerlo, se hace imprescindible un entrenamiento especial que estimula la adaptación de la zona motora central para generar un caudal más potente de impulsos aferentes.

Se trata de una de las condiciones objetivas que determinan la mejora de la adaptación del organismo al trabajo como resultado de la actividad muscular, en la cual no es difícil observar el principio fundamental y bien conocido del entrenamiento deportivo (el principio de la sobrecarga).

Los sistemas vegetativos (respiratorio y cardiovascular) satisfacen las elevadas exigencias energéticas de los músculos que trabajan, garantizando su suministro de oxígeno y eliminando con frecuencia de ellos los productos del intercambio (CO_2). La función de transporte de oxígeno depende de las posibilidades del *aparato respiratorio* (el índice funcional es la magnitud de expulsión del corazón, que depende de su volumen sistólico y de la frecuencia de las contracciones musculares), y también del estado del *sistema sanguíneo* (la concentración de hemoglobina, el volumen de sangre en la circulación y su viscosidad) y de la *efectividad del mecanismo de circulación sanguínea* (la distribución del riego entre tejidos corporales activos y no activos).

Como principio, cuanto mayor es el volumen de eyeción del corazón dirigido a los músculos de trabajo, mayor es la cantidad de oxígeno que reciben. Sin embargo, a fin de cuentas, la eficacia de su trabajo depende no tanto de la cantidad de oxígeno obtenida como de la capacidad de los músculos para utilizarla, es decir, de las posibilidades de su metabolismo aeróbico.

El resto de sistemas fisiológicos del organismo juegan un papel no menos importante en el mantenimiento del trabajo muscular.

Los sistemas sensoriales suministran a las instancias centrales de control información sobre los sucesos de la periferia muscular (propiorecep-

tores), del medio exterior (exterorreceptores) y sobre el estado de los órganos internos (interorreceptores).

Los impulsos que van desde los diferentes receptores hasta la corteza de los hemisferios son condición esencial del mantenimiento del nivel normal de funcionamiento del organismo y la regulación de las acciones y posturas motoras. En concreto, la información necesaria para analizar el estado del aparato motor —sus movimientos y posiciones en el espacio— depende de los propiorreceptores repartidos por los *músculos* (husos musculares), los *tendones* (órganos tendinosos u órganos de Golgi) y las *cápsulas articulares* (receptores de las cápsulas y uniones articulares). Todos estos receptores se presentan como mecanorreceptores, la excitación específica de los cuales supone su estiramiento.

Los husos musculares informan a los centros nerviosos sobre la longitud del músculo y su velocidad de cambio, los órganos tendinosos sobre el grado de tensión del músculo y su velocidad de desarrollo y los receptores articulares sobre la situación de las diferentes partes del cuerpo en el espacio y en relación con las demás.

Los sistemas nerviosos hormonal y vegetativo mantienen la constancia del medio interno (homeostasis) del organismo gracias a la regulación y fijación de la correspondencia entre los procesos que se producen en los diferentes sistemas y órganos en condiciones de actividad motora.

En el caso de la actividad deportiva, la actividad hormonal juega un importante papel en la formación de las características cualitativas de la reestructuración adaptativa del organismo y, en concreto, de su especialización morfológica durante el proceso de un entrenamiento sistemático de larga duración. La cuestión es que la interacción de la influencia de los diferentes metabolitos con el cambio específico del espectro hormonal durante y después de las cargas de entrenamiento determina la orientación del empleo de la reserva plástica de las células y del organismo en la síntesis adaptativa de proteínas.

Salta a la vista que esta interacción determina también la composición de proteínas que se sintetizan en primer lugar después de la carga

del entrenamiento. Del mismo modo se condiciona el carácter específico de la adaptación bioquímica y el aumento de la potencia funcional del organismo (N. Yakovlev, 1974):

- en los ejercicios de fuerza la preponderancia pertenece a la síntesis de las proteínas miofibrilares;
- en los ejercicios cortos de potencia máxima, a la síntesis del retículo sarcoplasmático;
- en los ejercicios de potencia submáxima, cuando falta oxígeno y con la acumulación de metabolitos poco oxidados, y el paso del pH al lado ácido, la preponderancia corresponde a la síntesis de los enzimas de la glucólisis y las proteínas que poseen una alta capacidad reguladora;
- en los ejercicios prolongados, basados en el aporte energético aeróbico, a la síntesis de las proteínas de las mitocondrias.

En la interacción recientemente mencionada, toda hormona desempeña su papel específico.

Podemos reseñar que el descubrimiento de la importancia de los andrógenos en el desarrollo de la hipertrofia muscular ha conducido a la creación de los preparados sintéticos, llamados esteroides anabólicos. Pero una aplicación prolongada de estos preparados con grandes dosis puede provocar problemas en el hígado, y también en los riñones. Asimismo se interrumpen el ciclo menstrual en el ovario de las mujeres. Bajo la influencia de estos preparados, disminuye la actividad de las glándulas genitales de los hombres y se atrofian los testículos.

Los sistemas de secreción (riñones, tracto gastrointestinal, órganos de respiración exterior, glándulas sudoríparas) garantizan la salida del organismo de los productos intermedios y finales del metabolismo.

La relación con los *sistemas de aporte de energía* y del trabajo muscular y la *proporción de fibras musculares* de diverso tipo puede verse en los capítulos 13 y 14.

A continuación prestaremos atención al hecho de que en la adaptación del organismo a las condiciones de la actividad deportiva son característicos dos procesos interrelacionados:

- el desarrollo en la dirección exigida de las posibilidades funcionales de los músculos esqueléticos (órgano ejecutivo) y los sistemas fisiológicos que mantienen su elevada actividad motora;
- la formación de una coordinación racional entre todos los sistemas funcionalmente activos que garantice un alto nivel de capacidad especial de trabajo del deportista.

Es importante subrayar que en condiciones de actividad motora, el estado de los diferentes órganos y sistemas se encuentra en estrecha relación con la actividad de los músculos esqueléticos. El movimiento (el esfuerzo de trabajo), al desencadenar impulsos propiorreceptores, determina la actividad de los sistemas vegetativos, lo cual garantiza la unidad del organismo en la acción y configura y regula la concordancia del funcionamiento de todos sus sistemas.

De este modo, *el papel rector en la formación de las relaciones entre los sistemas del organismo y en el desarrollo del proceso de adaptación en condiciones de actividad deportiva pertenece al sistema muscular y, más concretamente, a su régimen de exploración*. El sistema muscular supedita a sus exigencias a los sistemas vegetativos y a otros sistemas fisiológicos, creando en el organismo una posición general de dominio orientada a la movilización de su potencial motriz para la resolución de las tareas motoras.

11

Leyes de la especialización morfofuncional del organismo durante el proceso de entrenamiento a largo plazo

155

Una de las condiciones del desarrollo del proceso de adquisición de la maestría deportiva es el perfeccionamiento (especialización) morfofuncional constante del organismo del deportista.

La especialización morfofuncional es la adaptación estable del organismo condicionada por la actividad motora específica y concreta. Las características cualitativas y los valores cuantitativos de estas adquisiciones vienen a ser una expresión externa y patente del proceso de adaptación, basado en el perfeccionamiento físico del hombre. Characterizan su especificidad y las particularidades de su desarrollo en el tiempo.

En primer lugar, el organismo reacciona adaptándose al nuevo régimen de trabajo con todo el complejo de sistemas que lo componen, algo que es plenamente suficiente para los primeros éxitos en las competiciones. Más adelante, los avances de la adaptación adquieren una orientación selectiva muy acusada, condicionada por la especificidad motora del ejercicio deportivo y las particularidades de las influencias externas sobre el organismo que la acompañan. Así pues, algunos sis-

temas –en función de su papel en el cumplimiento de las exigencias de la actividad motora– adquieren una gran posibilidad, y otros una más pequeña, de perfeccionarse funcionalmente.

Tendencias fundamentales en el desarrollo del proceso morfológico de especialización del organismo del deportista (EMF)

156

Estudios especialmente organizados sobre muchas modalidades deportivas (Y. Verkhoshansky y cols., 1961-1994) atestiguan que el proceso de EMF del organismo en el transcurso del entrenamiento a largo plazo responde a unas normas determinadas. Estas normas se expresan:

- en la *especificidad* de las reestructuraciones de la adaptación, es decir, en su correspondencia funcional a las exigencias de aquellas condiciones concretas de actividad muscular en las que se formaron (en otras condiciones estas reestructuraciones permiten en un grado mucho menor el éxito de la actividad muscular o son en general inútiles);
- en la *heterocronía* (no coincidencia en el tiempo) de los momentos correspondientes al perfeccionamiento morfológico intensivo de los diversos sistemas del organismo, lo cual está condicionado por su diferente inercia adaptativa (unos sistemas responden con rapidez a las reestructuraciones de la adaptación y otros con mayor lentitud);
- en la sucesión *racional* de los cambios cualitativos en las propiedades funcionales de los diferentes sistemas fisiológicos del organismo en función del aumento de la intensidad del trabajo muscular (lo cual está en gran medida relacionado con la heterocronía de sus reacciones de adaptación);
- en lo *sistemático* del desarrollo del proceso de EMF del organismo, es decir, en el orden (sucesión) determinado del perfeccionamiento de las propiedades funcionales de sus sistemas fisiológicos que garantiza

(o favorece) el desarrollo de unas u otras capacidades motoras, como fuerza, velocidad o resistencia. Ante este orden, las reestructuraciones de la adaptación se basan en las adquisiciones de adaptación de la etapa precedente y preparan los necesarios cimientos morfofuncionales para las posteriores reestructuraciones de adaptación.

Dos formas de especialización morfofuncional del organismo

157

La especialización morfofuncional durante el proceso de entrenamiento a largo plazo se manifiesta en dos formas fundamentales:

- primero, los grupos musculares y los sistemas fisiológicos, que realizan el volumen principal de trabajo, adquieren cambios de adaptación muy pronunciados;
- segundo, el perfeccionamiento funcional del organismo en general está caracterizado por el desarrollo de las capacidades físicas específicas que serán indispensables para el éxito en una actividad deportiva concreta. Por esto, se trata de la especialización del organismo por el órgano, por un lado y, por la capacidad motora, de otro.

De este modo, la cuestión a analizar es la especialización del organismo en cuanto a órganos y en cuanto a capacidad motora.

La **especialización en cuanto a órganos** presenta un claro carácter selectivo, restringido por los límites de los grupos musculares concretos, sus asociaciones funcionales y los sistemas fisiológicos que los mantienen.

La **especialización en cuanto a la adaptación** se expresa en el desarrollo de aquellas propiedades del organismo en su totalidad y, de modo principal de los sistemas rectores de trabajo que determinan principalmente su nivel de adaptación específica de trabajo.

Con el aumento de la maestría deportiva *el carácter selectivo de la especialización funcional se va haciendo aún más marcado, y la especificidad de las capacidades motoras aún más concreta.*

Esto afecta en primer lugar a aquellos grupos musculares que reciben la carga fundamental del trabajo y a aquellos sistemas fisiológicos que garantizan en mayor medida su capacidad de trabajo. Tal carácter selectivo de la especialización funcional está condicionado en gran medida por el régimen de trabajo del organismo en las condiciones de una actividad deportiva dada y, lo marcado de su grado, por la intensidad y el volumen de las interacciones del entrenamiento.

A continuación analizaremos los aspectos más concretos de la EMF del sistema muscular que hay que tener en cuenta en primer lugar en la organización del entrenamiento y, en concreto, de la preparación especial en fuerza de los deportistas.

Particularidades de la especialización morfológica del aparato muscular

La especialización funcional del organismo empieza por el aparato neuromuscular periférico. Se expresa:

- en la hipertrofia de trabajo de los músculos,
- en el perfeccionamiento de la regulación intramuscular e intermuscular de la función contráctil de los músculos,
- en el aumento de la potencia y la capacidad de sus procesos metabólicos.

Como resultado se mejora el potencial energético de los músculos: aumenta la fuerza absoluta, la potencia mecánica del esfuerzo explosivo y la capacidad de realizar un esfuerzo de trabajo durante un espacio de tiempo prolongado.

Hipertrofia muscular

La hipertrofia de los músculos se manifiesta en un aumento del diámetro fisiológico de los músculos gracias al engrosamiento de las fibras musculares y al incremento del número de capilares en los músculos.

En los casos en que se exige un esfuerzo máximo o explosivo, la hipertrofia está relacionada con el aumento del volumen de las miofibrillas (esto es, propiamente dicho, del aparato contráctil de las fibras musculares) y el aumento prioritario de las unidades motoras de umbral alto (grandes). En estos casos, el volumen de los músculos puede aumentar de forma poco importante, porque aumentará la densidad de miofibrillas en la fibra muscular.

En el trabajo en resistencia, se produce un engrosamiento de las fibras musculares como consecuencia del aumento de volumen del sarcoplasma (osea, la parte no contráctil de las fibras musculares), lo cual conduce a un incremento de las reservas metabólicas de los músculos (glucógeno, fosfocreatina, mioglobina y otros) y una mejora de sus propiedades de oxidación.

159

Perfeccionamiento de la regulación del trabajo muscular

El aumento del potencial motor de los músculos está condicionado por la mejora del mecanismo de regulación intramuscular: el incremento del número de unidades motoras participantes en el esfuerzo, el aumento de la frecuencia de los impulsos de las motoneuronas y de su sincronización temporal. Esto está relacionado con la intensificación de las influencias excitantes a las que están sometidas las motoneuronas por parte de las neuronas de más alto nivel motor: la zona motora de la corteza, los centros motores corticales, las neuronas intermedias de la médula espinal y los receptores.

La fuerza máxima aumenta sobre todo como resultado de la incorporación al esfuerzo de las unidades motoras grandes (de umbral alto) y, en el trabajo en resistencia, por la incorporación de las unidades pequeñas (de umbral bajo). Al mismo tiempo, en el último caso es posible la alternancia de su actividad, lo que permite conservar durante más tiempo su capacidad de trabajo. La fuerza explosiva de los músculos, que se manifiesta en la velocidad de crecimiento del esfuerzo de trabajo, depende en gran medida del carácter de los impulsos de las motoneuronas de los

músculos activados y sobre todo de su frecuencia y nivel de sincronización iniciales, que conduce a una rápida movilización de las unidades motoras.

Aumento de la potencia y capacidad de los mecanismos de aporte de energía del trabajo muscular

La especialización funcional del organismo en el transcurso del entrenamiento a largo plazo tiene también que ver con el perfeccionamiento de los procesos metabólicos que aportan energía al trabajo muscular como resultado del mantenimiento del equilibrio del ATP.

Así pues, en las modalidades deportivas caracterizadas por la manifestación de esfuerzos explosivos o por un trabajo relativamente breve de alta intensidad, el aporte energético del funcionamiento de los músculos se perfecciona en el plano del aumento de la potencia de los procesos metabólicos, es decir, en la velocidad de liberación de energía y en el restablecimiento del equilibrio de ATP de modo principalmente anaeróbico (reacción fosfocreatinquinasa).

Ante trabajos más prolongados de potencia submáxima se perfecciona un proceso metabólico de mayor capacidad que se fundamenta en la oxidación anaeróbica de los hidratos de carbono (glucólisis).

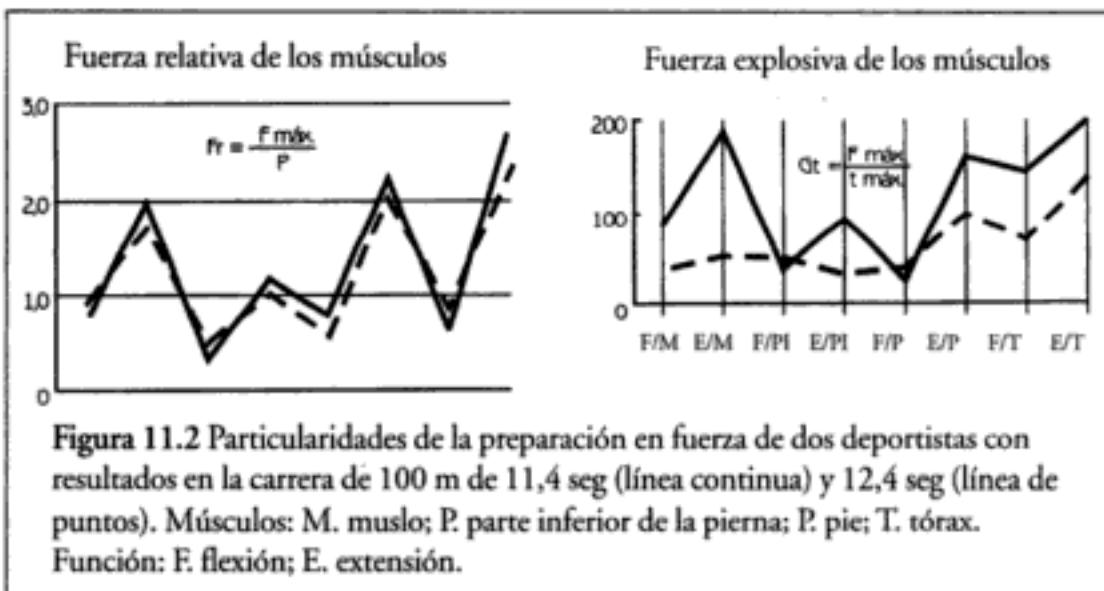
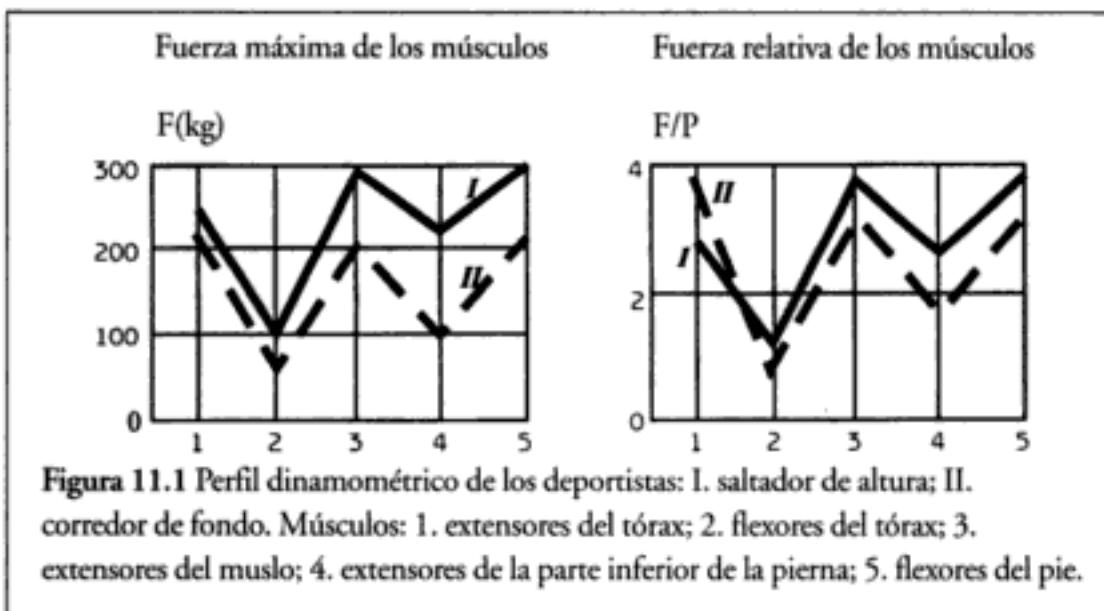
Por último, en un trabajo prolongado de intensidad moderada se desarrolla principalmente el medio de mayor capacidad de resíntesis aeróbica de ATP, en el cual pueden emplearse grasas (lípidos) además de hidratos de carbono.

Topografía funcional del sistema muscular

El carácter selectivo y especializado del perfeccionamiento físico del deportista lo expresa de forma evidente la *topografía funcional del sistema muscular*, en concreto, el perfil dinamométrico de los deportistas, realizado según los datos registrados sobre la fuerza de los diferentes grupos musculares (Fig. 11.1). Este perfil dinamométrico permite confrontar el

nivel de preparación física especial de diversos deportistas, así como el del mismo deportista en diferentes períodos de su preparación.

Sin embargo, la fuerza de los músculos es sólo una de las características cualitativas de sus propiedades funcionales. Individuos con idénticos perfiles de fuerza pueden demostrar logros deportivos sustancialmente diferentes. Por ejemplo, dos corredoras de corta distancia (Fig. 11.2) no presentan diferencias en la fuerza relativa de sus músculos. Sin embargo, una de las deportistas posee una marca en los 100 metros lisos de



12,4 seg., mientras que la de la otra es de 11,4 seg. Es fácil comprobar que la causa de tal diferencia reside en las distintas calidades de velocidad, en particular, en la fuerza explosiva (J) de los músculos. Su nivel de desarrollo, sobre todo en los músculos extensores, es significativamente superior en la segunda corredora.

De ello se desprende que para analizar la topografía funcional del sistema muscular del deportista es imprescindible emplear un espectro más amplio de características para así poder valorar las propiedades funcionales de los grupos musculares. De este modo, hablaremos de *perfles semifuncionales* del sistema muscular que reflejan de forma más expresiva las particularidades de la preparación física especial de los deportistas y pueden servir de fundamento objetivo tanto para la preparación del proceso de entrenamiento como, y sobre todo, para la preparación de la preparación especial en fuerza.

En la Fig. 11.3 se observa un fragmento de un perfil semifuncional de estas velocistas femeninas de diferente nivel que incluye principalmente las características de fuerza y velocidad de los grupos musculares. El di-

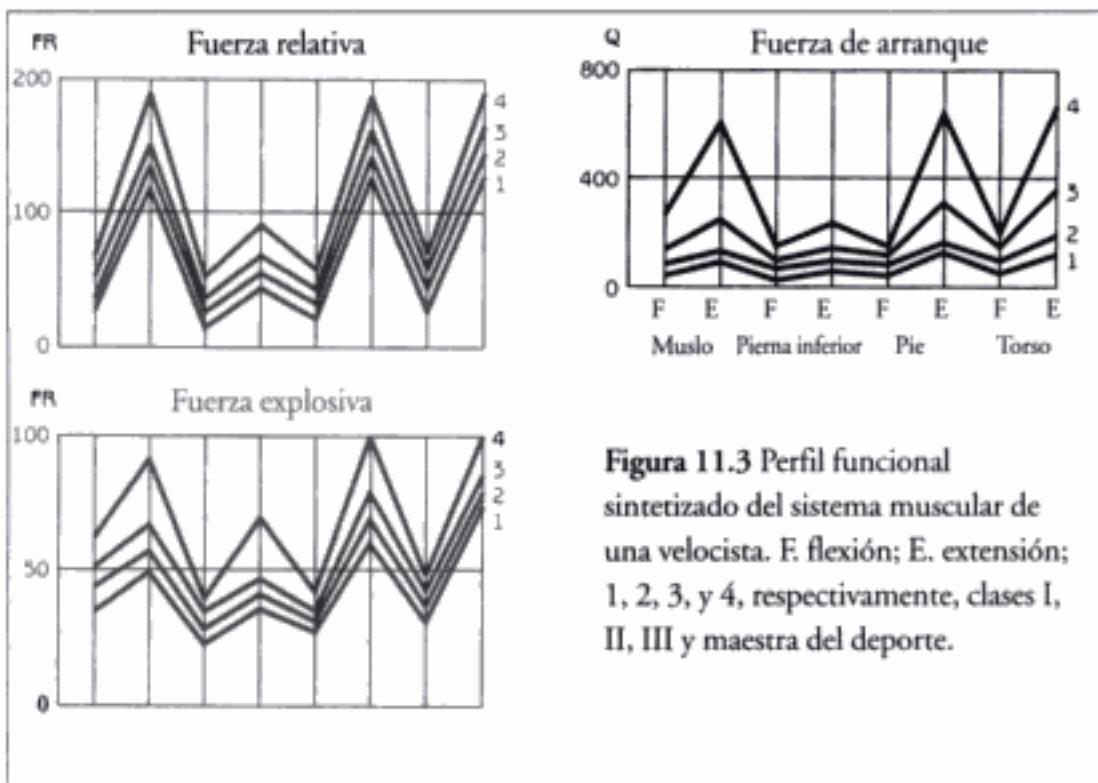


Figura 11.3 Perfil funcional sintetizado del sistema muscular de una velocista. F. flexión; E. extensión; 1, 2, 3, y 4, respectivamente, clases I, II, III y maestra del deporte.

bujo muestra que la mejora del resultado en la carrera desde la I clase hasta la maestría del deporte está relacionada con el aumento sustancial del nivel de fuerza explosiva (J) y en especial de la arrancada inicial de los extensores (Q), mientras que el incremento de su fuerza relativa (F_{rel}) no es tan significativo. Llama también la atención el importante incremento de la fuerza explosiva y de arranque de los extensores de los muslos.

Dinámica a largo plazo de los índices funcionales

163

La dinámica a largo plazo de la inmensa mayoría de las características funcionales existentes en el organismo muestra una tendencia a una forma no lineal de relación con el resultado deportivo. Por ejemplo, el resultado del triple salto con carrera está linealmente relacionado con la velocidad en la carrera (Fig. 11.4). Pero con el aumento de la velocidad de salto se complican las condiciones de ejecución del segundo y tercer impulsos. Por ello, para aprovechar con éxito esta velocidad, es necesario un aumento sustancial del nivel de capacidad reactiva de los músculos de las piernas (R), lo cual se observa en los altos niveles de maestría.

En el ejemplo del decatlón (Fig. 11.5), llama la atención el aumento lineal de los índices de fuerza (P_0 y F_{max}), mientras que los índices que caracterizan la capacidad de manifestar esfuerzos explosivos (I y Q) muestran una tendencia al aumento acelerado a medida que aumenta el nivel de maestría deportiva.

En el caso de las modalidades deportivas cíclicas también es característico un aumento acelerado de los índices específicos de capacidad de trabajo de los deportistas al nivel de maestría superior. La tendencia en su dinámica en las diversas modalidades deportivas es aproximadamente la misma, aunque tienen lugar algunas diferencias cualitativas y cuantitativas relacionadas con lo específico de la modalidad deportiva.

Así, en los nadadores velocistas destacan por su ritmo y nivel de desarrollo más elevado los índices de rendimiento anaeróbico, mientras que para los de larga distancia es más importante el rendimiento aeróbico

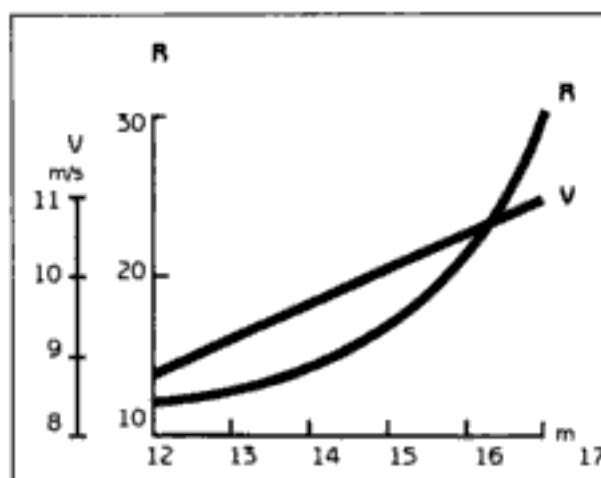


Figura 11.4 Dinámica del índice de capacidad reactiva de los músculos (R) y de la velocidad de la carrera (V) con la mejora del resultado en el triple salto.

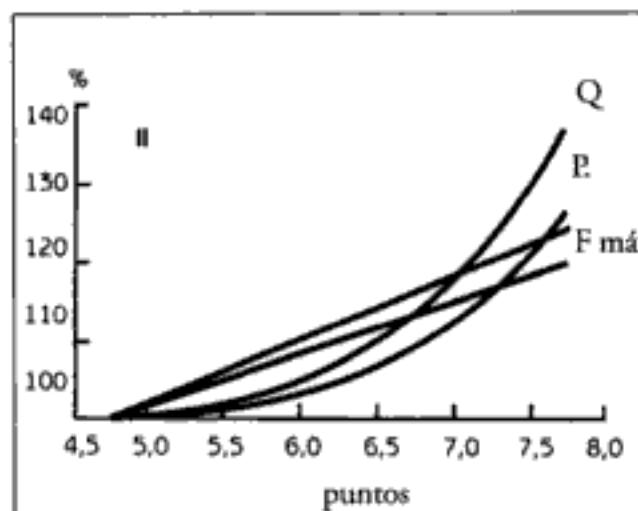


Figura 11.5 Evolución de los índices de velocidad-fuerza de los decatletas con el aumento de la maestría (extensión de la pierna en régimen dinámico). P_{máx}, fuerza máxima de los músculos; J, fuerza explosiva; Q, fuerza de arranque; F_{máx}, esfuerzo explosivo máximo.

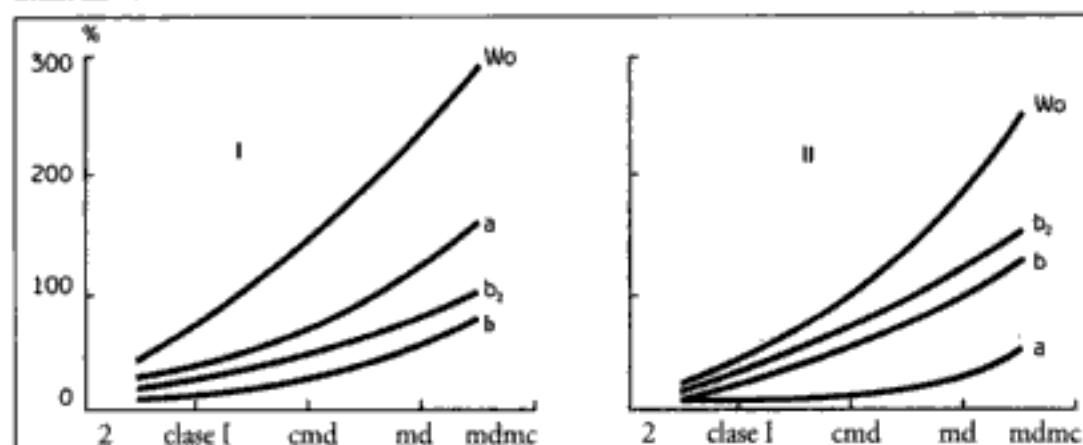


Figura 11.6 Evolución de los índices ergométricos de capacidad de trabajo de los nadadores con el aumento de la maestría (I. velocistas; II. fondistas). W₀, potencia anaerobia; a, capacidad anaerobia; b₁, potencia aerobia crítica; b₂, potencia anaerobia máxima.

(Fig. 11.6). Esto se determina mediante la orientación del proceso de entrenamiento. En el entrenamiento a largo plazo de los velocistas hasta el nivel de I clase (aspirantes a la maestría del deporte), la principal orientación que posee el entrenamiento es hacia el desarrollo de la resistencia aeróbica y la velocidad, mientras que a un nivel más alto de maestría el objetivo es el perfeccionamiento de la resistencia de velocidad (anaeróbica).

En el caso de los nadadores de larga distancia de todos los niveles de cualificación el entrenamiento está principalmente orientado hacia el desarrollo del rendimiento aeróbico, y en el nivel más alto de maestría hacia el perfeccionamiento del rendimiento anaeróbico.

En los patinadores se observa también un incremento acelerado de los índices funcionales (Fig. 11.7). En efecto, al igual que los nadadores, el ritmo y la magnitud del aumento de los índices de rendimiento aeróbico y anaeróbico se diferencian en función de la especialización de los deportistas. La magnitud y el ritmo más altos de aumento del índice de consumo de oxígeno son característicos de los atletas de pruebas múltiples y los fondistas, y los más bajos de los velocistas. Al mismo tiempo, las magnitudes más grandes de aumento del déficit máximo de oxígeno se registran en los velocistas y en los patinadores especializados en los 1500 metros. La importancia de este índice es mucho menor para los fondistas y atletas de pruebas múltiples.

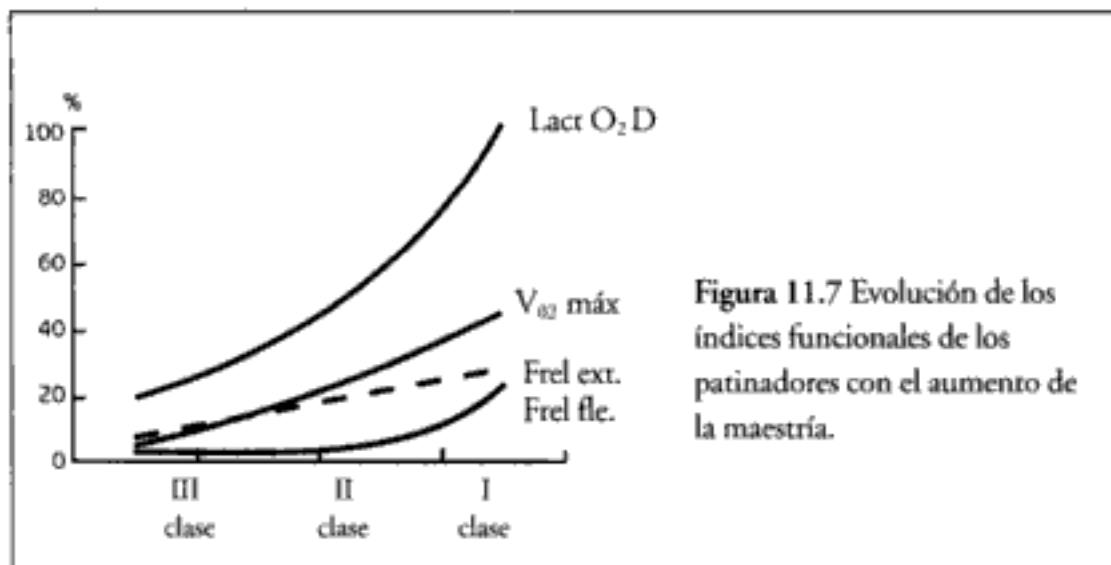


Figura 11.7 Evolución de los índices funcionales de los patinadores con el aumento de la maestría.

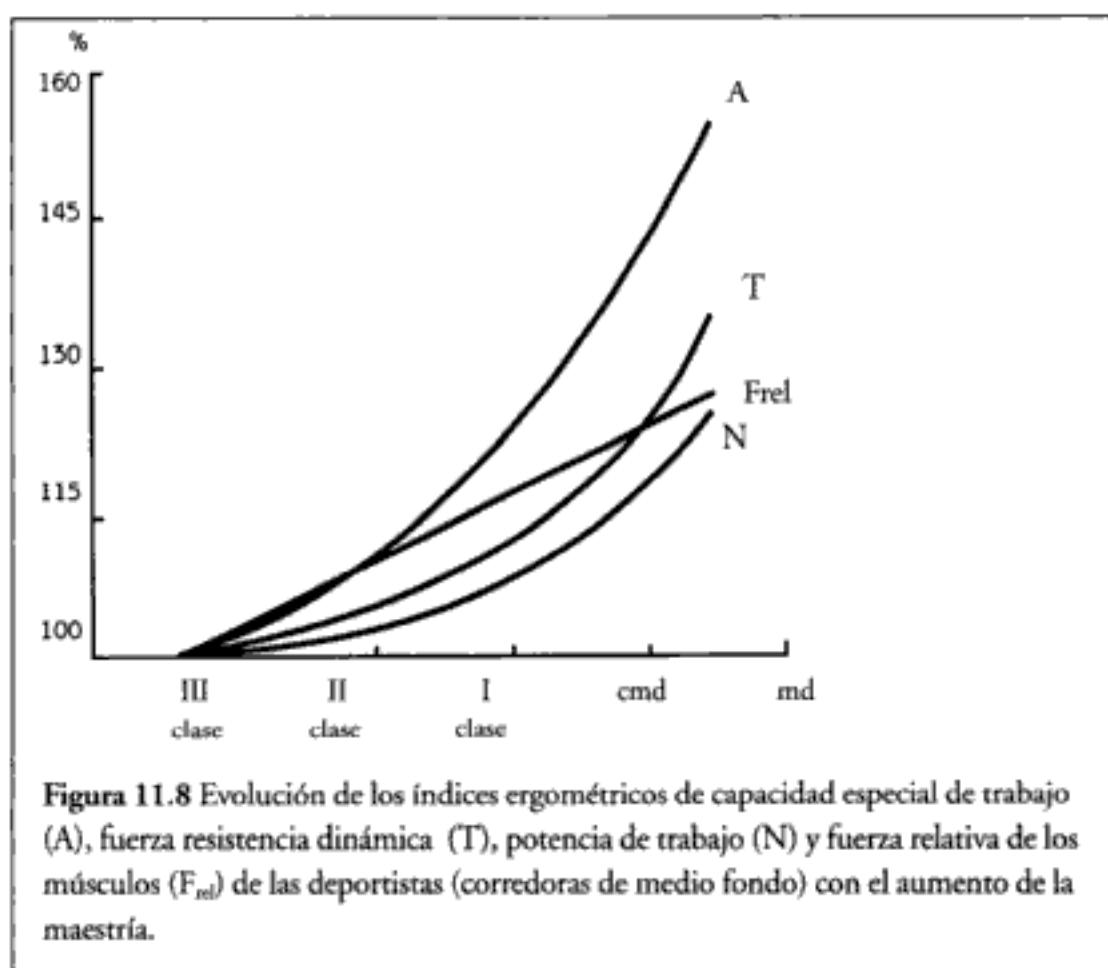


Figura 11.8 Evolución de los índices ergométricos de capacidad especial de trabajo (A), fuerza resistencia dinámica (T), potencia de trabajo (N) y fuerza relativa de los músculos (F_{rel}) de las deportistas (corredoras de medio fondo) con el aumento de la maestría.

En los patinadores se observa también la correspondiente diferencia en función de la especialización en los índices de nivel de preparación en velocidad-fuerza. Los velocistas se diferencian de los fondistas por una mayor importancia de la capacidad de manifestar esfuerzos explosivos y una mayor magnitud de la potencia desarrollada en la extensión de las piernas. Los atletas de pruebas múltiples ocupan una posición intermedia entre ellos.

La preparación funcional, que se expresa sobre todo en la resistencia de fuerza, juega un importante papel en las modalidades deportivas cíclicas. Ante un incremento relativamente regular de la fuerza de los músculos a medida que aumenta la cualificación de los deportistas, los índices de resistencia dinámica de fuerza (T) y la potencia del trabajo (N) muestran un incremento acelerado de su importancia (Fig. 11.8).

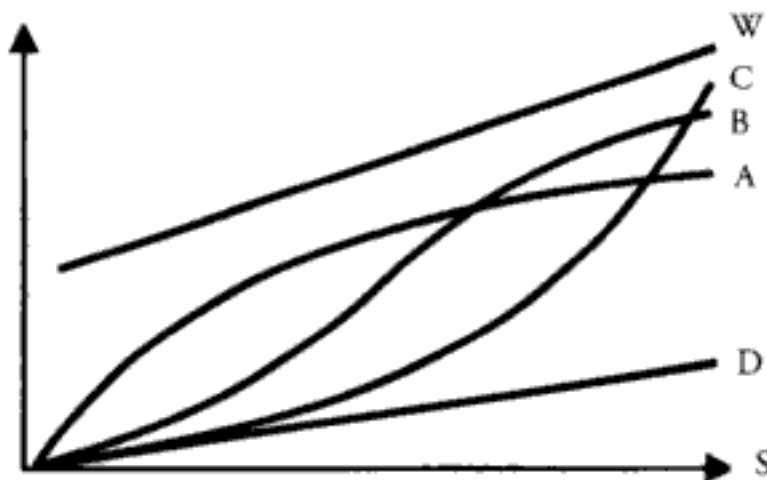


Figura 11.9 Tendencias de la dinámica de los diferentes índices funcionales (f) respecto del resultado deportivo (S).

En la figura 11.9 se presentan de forma esquemática y generalizada las tendencias dentro de la dinámica de los índices funcionales en el transcurso del entrenamiento a largo plazo.

El aumento del nivel de capacidad especial de trabajo del deportista (W) se caracteriza por su relación lineal con el resultado deportivo (S), aunque la dinámica de los diferentes índices funcionales presente tendencias diferentes.

Un aumento en monótona disminución (A) es típico de los índices funcionales que ejercen una influencia sustancial en la mejora de los logros deportivos tan sólo en la etapa inicial del entrenamiento. Para algunos índices (B) lo característico es un aumento acelerado durante el nivel medio de maestría seguido de una cierta disminución. El tercer grupo de índices funcionales (C) muestra un aumento acelerado y una elevada correlación con el resultado deportivo durante la etapa de maestría superior. Por último, una parte de los índices funcionales (D) aumenta de forma relativamente regular y poco importante, como resultado de la reacción integral de adaptación del organismo.

Direcciones fundamentales de la especialización morfolfuncional del organismo en condiciones de actividad deportiva

El carácter cualitativo de la especialización morfolfuncional (EMF) del organismo y su aparato motor viene determinado por las características motoras específicas de la modalidad deportiva. Puede hablarse de tres direcciones fundamentales de la EMF del organismo en condiciones de actividad deportiva.

En dos de ellas, la principal característica cualitativa de la maestría es la velocidad de movimientos y desplazamientos (locomoción) del deportista. Por ejemplo, corra un velocista o un maratonista, levante las pesas un halterofilo o ataque un luchador, dé un golpe un boxeador o maniobre el esgrimista, lo que decide el éxito es la velocidad con que lo hagan. Sin embargo, en cada uno de estos casos la velocidad de movimientos y locomociones viene determinada por factores diferentes. Ser plenamente consciente de estos factores –más adelante retomaremos esta cuestión– es una condición importante para la elaboración del programa de entrenamiento y de igual modo para la del programa de preparación especial en fuerza de los deportistas.

Pero la capacidad especial de trabajo del deportista se manifiesta no sólo en los movimientos. Mantener el equilibrio después de la salida de

un aparato gimnástico, la expresividad de la postura demostrada por el patinador artístico, conservar durante mucho tiempo la posición de «sentadilla» durante una carrera de velocidad sobre patines, etc. Todas ellas son también acciones, aunque no exista movimiento aparente y el trabajo fisiológico se produzca principalmente a través de la tensión isométrica de los músculos. Estas acciones estáticas son muy típicas de muchas modalidades deportivas. Son características de la forma específica de capacidad de trabajo del deportista y dependen de la correspondiente EMF del organismo.

Así pues, distinguiremos tres direcciones fundamentales de EMF, según lo que desarrollen principalmente:

- rapidez de ejecución de las acciones deportivas;
- velocidad de los movimientos o desplazamientos del deportista;
- actividad postural, que incluye todas las diversas acciones estáticas.

Antes de analizar con mayor detalle estas tres formas, analicemos los conceptos de «rapidez» y «velocidad», empleados para la caracterización cualitativa de la clase de movimientos del hombre que exigen un consumo mínimo de tiempo.

No es difícil imaginarse que para la resolución de la tarea motora que exige un consumo mínimo de tiempo son posibles dos regímenes diferentes de trabajo del organismo. En uno de ellos, cuando no existe la necesidad de esfuerzos y gastos de energía importantes, el objetivo se alcanza en base a la operatividad (rapidez) de la formación del programa de movimientos en la zona motora del sistema nervioso central y de su ejecución. Por ejemplo, para cazar una mosca posada no hace falta un gran esfuerzo ni mucho consumo de energía. Todo el mundo sabe que para ello lo necesario es tan sólo un movimiento preciso y fulgurante que escape a la vigilancia de la mosca. En el otro caso, cuando existe una importante resistencia externa o el trabajo presenta un carácter prolongado, se hace imprescindible recurrir a grandes esfuerzos musculares o a la capacidad de las fuentes de aporte de energía. Por

ejemplo, una pesa de determinada masa la levantará con mayor rapidez el halterófilo más fuerte, y del punto A al punto B llegará con mayor rapidez el atleta más resistente.

Conviene destacar aquí que las posibilidades funcionales del organismo que son necesarias en un caso pueden carecer de toda importancia en el segundo y viceversa. De ahí que tenga una importancia capital no mezclar los dos casos y delimitarlos no sólo conceptualmente, sino también según la esencia de su naturaleza fisiológica y modo de entrenamiento. En el primer caso tiene sentido hablar de rapidez, como propiedad funcional específica de la psicomotricidad del deportista; en el segundo, de velocidad de movimientos (desplazamientos) como índice integral del entrenamiento especial del deportista, dependiente de una serie de factores (por ejemplo, técnica deportiva, fuerza muscular, resistencia específica, etc.).

Analicemos a continuación con mayor detalle las particularidades fisiológicas y biomecánicas de las direcciones de EMF del organismo del deportista destacadas con anterioridad.

12

Rapidez de las acciones motoras

171

La rapidez es la capacidad del hombre de lograr una alta velocidad en movimientos ejecutados en ausencia de resistencia externa y que no exijan un gran consumo de energía. La rapidez viene determinada por la propiedad funcional específica del sistema nervioso central que se manifiesta en la operatividad de la regulación de la función psicomotriz del organismo en condiciones de tiempo limitado.

Se consideran formas específicas de manifestación de la rapidez las siguientes:

- el período latente de reacción de los movimientos (simple o compleja);
- la rapidez de ejecución de movimientos locales aislados sin carga (con un brazo, una pierna, el tronco o la cabeza);
- la rapidez de ejecución de movimientos de varias articulaciones relacionada con el cambio de posición del cuerpo en el espacio, así como con el paso de una acción a otra en ausencia de una resistencia externa significativa;
- la frecuencia de movimientos sin carga.

Estas formas de manifestación de la rapidez son independientes (o dependen poco) y no están relacionadas (o están poco relacionadas) con el nivel de preparación física y no presentan una correspondencia sustan-

cial con la velocidad de movimientos o desplazamientos del deportista en condiciones que exigen de él esfuerzos musculares significativos. La relativa independencia de estas formas de manifestación de la rapidez se aprecian ya en los niños de 9 a 13 años.

Periodo latente de la reacción motriz

El período latente, o tardanza en la reacción, se define como el retraso mínimo de una reacción voluntaria en relación con una estimulación dada (señal).

Se distingue entre tiempo de reacción simple o compleja (reacción de elección). En el primer caso encontramos las reacciones en las que la percepción de la aparición, cambio o interrupción de la estimulación son elementales; en el segundo caso, aquellas en las que una señal externa posee un carácter más complejo y las más de las veces requiere que se tome la decisión de cuál de entre varias (a veces muchas) reacciones posibles a escoger.

El tiempo de reacción simple depende de la intensidad del estímulo, del mecanismo receptor de su percepción y de otras condiciones.

El tiempo latente de reacción motriz simple no está sujeto a entrenamiento, no guarda relación con la cualificación del deportista (Tabla 12.1) y por sí mismo no puede tomarse como característica de la rapidez de una persona.

Sin embargo, un índice tan específico como el tiempo de recepción y procesamiento de un bit de información en condiciones de reacción compleja (reacción de elección) presenta una alto grado de relación con la cualificación de los deportistas. Con esta cualificación están estrechamente relacionados la cantidad de errores ($r=0,943$) y el tiempo de reacción compleja. Este ejemplo demuestra de forma patente que a la cualificación deportiva la caracteriza sólo la reacción ante la acción de estímulos específicos. En estos casos, la importancia del tiempo de recepción y procesamiento de una unidad de información es tan grande que no tiene punto de comparación con ningún otro índice.

Capacidad especial de trabajo del deportista

Tabla 12.1 Tiempo medio de los diferentes índices de reacción de jugadores de voleibol ante la acción de los estímulos (mseg) y cantidad de respuestas erróneas en función de la cualificación deportiva

Cualificación deportiva	Tiempo de recepción y procesamiento de 1 bit de información	Tiempo de reacción compleja	Tiempo de reacción simple	Cantidad de errores	
Maestros del deporte miembros de la selección de la URSS	665	725	156	1,10	173
Maestros del deporte miembros de equipos profesionales	800	684	146	3,30	
Deportistas de I clase miembros de la selección de su ciudad	970	834	157	2,73	
Deportistas de I clase miembros de equipos profesionales	1127	900	155	3,83	
Deportistas de II clase miembros de la selección juvenil de su república	1225	834	166	4,52	
Deportistas de II clase miembros de equipos profesionales	1400	932	161	4,39	

En otro caso, el de unos esgrimistas de diversa cualificación, en los índices de reacción simple tampoco se observa un cambio sustancial (Fig. 13. 1, I, capítulo siguiente). El acortamiento del tiempo total de reacción motriz como resultado del entrenamiento se produce en gran medida gracias a su componente motor. El proceso de recepción de la señal y

la acción de respuesta son relativamente independientes. Esto implica que los mecanismos responsables de la recepción de señales y la formación del flujo de impulsos estimulantes en la periferia muscular y los mecanismos que ejecutan el movimiento funcionan de forma independiente y se diferencian por la rapidez de transmisión de los procesos nerviosos.

Cualquier acción motora compleja específica en condiciones de actividad deportiva incluye la valoración de la situación y la elección de la decisión óptima. El tiempo latente de reacción en tales condiciones depende de la cantidad de alternativas, y cuanto más difícil sea la elección de la decisión, más largo será el tiempo de reacción. En este caso, junto al acortamiento del tiempo del movimiento se observa también un acortamiento sustancial del tiempo de reacción ante una situación o señal.

Por ejemplo, en las reacciones con elección del sector de aplicación de una estocada, los esgrimistas de alto nivel superan con mucho a los principiantes y ligeramente a los de segunda clase (Fig. 13.1, II capítulo siguiente). En las reacciones en que hay que elegir entre dos acciones los esgrimistas de alto nivel superan claramente ya no sólo a los de baja cualificación, sino también a los de nivel intermedio (Fig. 13.1, III capítulo siguiente). Por último, en las reacciones en que se elige entre tres acciones, esta ventaja se hace incluso más significativa (Fig. 13.1, IV).

Las características de la acción motora compleja en el ciclo anual pueden cambiar de forma sustancial en función del mantenimiento y organización de las cargas de entrenamiento y competición. Con el aumento de la maestría de los deportistas se acorta el tiempo de recepción y procesamiento de la información.

Se observan diferencias en los índices de tiempo de reacción en función de las tareas motoras resueltas específicas y las diferencias de disposición motora en el proceso de las acciones deportivas. Así, en los jugadores de voleibol que desempeñan en el equipo la función de jugador de enlace y en los boxeadores cuyo estilo es el contraataque, el tiempo de reacción simple (imperceptiblemente) y compleja (en un 12-17%) es inferior que

en los jugadores de voleibol principiantes y los boxeadores de estilo atacante. En los luchadores de estilo libre, los índices de reacción en la extensión de la espalda son más altos que en los de estilo clásico y los sambistas.

En una serie de casos, en concreto en los deportes de equipo y las artes marciales, lo que juega un importante papel en el acortamiento del tiempo de ejecución de los movimientos es el factor de anticipación de la situación (reacción de anticipación). Por ejemplo, un portero experimentado (de fútbol o hockey sobre hielo) puede pronosticar la dirección del disparo a puerta por las características espaciotemporales suficientemente marcadas de los movimientos del jugador en la fase de preparación para el tiro y con ello prever una situación peligrosa y tomar la decisión correcta.

Al mismo tiempo, no sólo tiene una gran importancia la recepción de la señal, sino la habilidad para «interpretarla», por ejemplo, en la ejecución de una acción compleja. Así, con el aumento de la maestría de los futbolistas, a la vez que se acorta el tiempo de ejecución de las maniobras de juego, el tiempo de las acciones de engaño va en aumento. Se trata de algo necesario para que el adversario consiga asimilar una información errónea y reaccione a ella de forma correspondiente. No surtirá efecto un regate ejecutado con demasiada rapidez, puesto que puede no conducir a error al rival.

Rapidez de realización de un movimiento sin carga simple y aislado

Algunos movimientos simples sin carga que exigen una máxima manifestación de rapidez podrían ser, por ejemplo, un golpe aislado en el boxeo o una estocada de esgrima, un movimiento del estilo al lanzar la pastilla en el hockey o, por último, el componente motor de la reacción motriz ante una señal externa en ausencia de una resistencia importante al movimiento. La coordinación de tales movimientos es relativamente sencilla y no influye de forma sustancial en la rapidez del movimiento.

Por norma, los movimientos simples aislados se ejecutan sobre la base de un programa motriz formado de antemano o de forma refleja sobre la base de una reserva adquirida de prácticas motoras elementales.

Rapidez de realización del movimiento complejo de varias articulaciones

En las más complejas acciones motoras de varias articulaciones, relacionadas con un cambio de la posición del cuerpo en el espacio o con la dirección de su desplazamiento, así como el paso de una acción a otra, se complica también proporcionalmente la estructura de coordinación de la actividad muscular.

Como ejemplo a analizar en el caso presente pueden servir las acciones de un boxeador, donde son habituales los cambios de dirección del movimiento, los súbitos pasos laterales, los movimientos del tronco y la cabeza en diversas direcciones y el paso inesperado de las acciones defensivas al ataque.

En el baloncesto, el acierto de las acciones deportivas depende de la rapidez de las reacciones motoras simples y complejas, del tiempo de las reacciones de aceleración y apoyo en los saltos y desplazamientos y de la velocidad de realización de los movimientos aislados. Los levantadores de pesas demuestran también un alto nivel de manifestación de rapidez en el momento de pasar a la flexión, por ejemplo, en la ejecución del levantamiento en dos fases.

El acortamiento del tiempo de realización de las acciones motoras complejas está relacionado en gran medida con la elaboración y estabilización de una coordinación muscular racional (práctica motora). Cuanto menos difícil y más automatizado sea el movimiento, menos estrés experimentará el sistema nervioso en su realización y más corto será el tiempo de reacción y más rápido el movimiento. A la vez, cuanto más compleja sea la coordinación y mayor la masa desplazada, más dependerá la rapidez del movimiento de las capacidades de fuerza.

Hidden page

xima de todos los movimientos de una sola articulación con la frecuencia máxima de pasos y la velocidad en las carreras de velocidad, entre la frecuencia de pedaleo en un cicloergómetro sin carga y con carga, entre el índice del *tapping-test* y la velocidad de los ciclistas en las distancias de 150 y 200 m con salida en marcha.

De todo ello se desprende, en concreto, que a partir de los índices de frecuencia de una articulación cualquiera no puede efectuarse una extrapolación a todas las restantes y que, por ejemplo, el *tapping-test* puede aprovecharse para estudiar la fuerza del sistema nervioso, pero no para revelar las cualidades de velocidad de los deportistas.

No se ha descubierto ninguna relación entre la frecuencia de movimientos sin carga y el resto de formas de rapidez, por ejemplo, entre la frecuencia máxima de golpes, el tiempo latente de reacción y la velocidad de un golpe aislado en los boxeadores.

Como condición importante que permite una alta frecuencia de movimientos encontramos la capacidad de relajar los músculos a voluntad. En los individuos con una alta frecuencia de movimientos, el tiempo latente de tensión y relajamiento de los músculos es más corto que en los que poseen un nivel más bajo. Sin embargo, se aprecia una cierta correlación tan sólo entre la frecuencia de movimientos y el tiempo latente de relajación de los músculos.

La frecuencia de movimientos se mejora con el entrenamiento. Por ejemplo, se aprecia un incremento del ritmo de movimientos con el aumento de maestría de los boxeadores. En el desarrollo de la frecuencia de movimientos influye la especialización deportiva: así, los índices de frecuencia de movimientos de los boxeadores son mejores que los de los luchadores.

Por tanto, la rapidez en todas sus manifestaciones específicas viene determinada ante todo por dos factores:

- la operatividad de la organización y regulación del mecanismo neuromotor de los movimientos;

Hidden page

Hidden page

13

181

Velocidad de los movimientos y desplazamientos deportivos

Como ya se ha mencionado, la velocidad de los movimientos y desplazamientos (locomociones) del deportista es el principal factor del que dependen los éxitos de una persona en la inmensa mayoría de modalidades deportivas.

En el deporte son característicos dos tipos de condiciones en las que la velocidad de los desplazamientos viene asegurada principalmente por diferentes fuentes de energía mecánica y se regula por diversos caminos.

Al primer tipo pertenecen, por sus condiciones, los desplazamientos musculares en los que la velocidad de los movimientos (desplazamientos) del deportista viene garantizada sobre todo gracias a los procesos metabólicos que liberan energía para el trabajo mecánico de los músculos (por ejemplo, las carreras, la natación, los desplazamientos sobre esquí, etc.).

Al segundo tipo pertenecen todos los casos en los que la velocidad se alcanza sobre todo gracias a fuentes externas de energía mecánica (viento, motores, fuerza gravitatoria), y a los músculos les corresponde la función de regular la velocidad. Aquí encontraríamos, por ejemplo, los desplazamientos resultantes de la tracción de un motor (esquí acuático, motociclismo y automovilismo), la energía del viento (vela náutica o con trineo) o la fuerza de la atracción terrestre (bobsled, descenso o saltos de esquí).

La velocidad de las modalidades deportivas pertenecientes al segundo tipo de condiciones en principio no está limitada por las posibilidades de los procesos metabólicos y puede ser mucho más alta. Es por ello que el perfeccionamiento en estas modalidades se caracteriza al principio por el intento de contener la velocidad desarrollada gracias a las fuentes externas de energía mecánica dentro del nivel óptimo en que es posible controlarla de forma deseable. Después, para alcanzar la maestría, se liberan y aprovechan velocidades más importantes.

182

Por desgracia, los estudios sobre las modalidades deportivas técnicas son muy limitados, por ello hasta el momento apenas puede hablarse de los factores que determinan la maestría del control de la velocidad en términos generales. El requisito fundamental en este caso reside en la valoración real de la velocidad y en su regulación por medio de una fina coordinación de los esfuerzos (en algunos casos muy importantes), basada en la interacción de diversos sistemas receptores.

Para una ejecución exitosa de las acciones necesarias a alta velocidad es imprescindible un alto grado de desarrollo de la sensibilidad y estabilidad del funcionamiento de los analizadores, entre los cuales ocupa un lugar central el sistema motor sensorial. Por ejemplo, está establecida la relación de la reproducción precisa de los esfuerzos musculares de los esquiadores con su cualificación. La capacidad de diferenciar con precisión los esfuerzos musculares caracteriza la clase del deportista en la vela, puesto que la determinación de las magnitudes de la carga en el timón («sentir el timón») es uno de los elementos que componen el complejo de «sensaciones del barco» y la condición obligatoria para lograr la máxima velocidad del navío. Está comprobado que los ganadores y premiados de las competiciones de barcos de la clase «Finn» son deportistas que poseen altos índices de sensibilidad propiorreceptora.

Las capacidades de fuerza juegan un papel significativo en el control de la velocidad de los desplazamientos. Así, los deportistas del eslalón especial y gigante presentan una gran fuerza isométrica en los músculos extensores de las piernas, superior incluso a la fuerza de los levantadores de

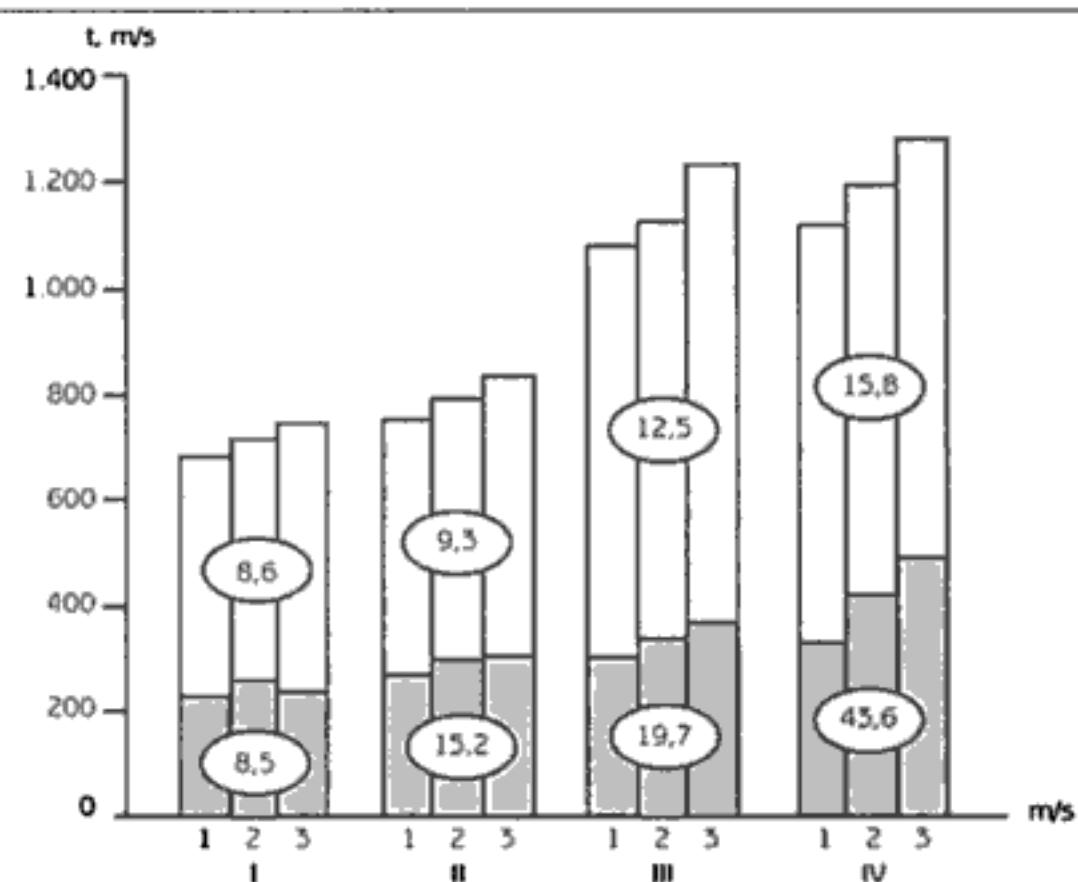


Figura 13.1 Características de esgrimistas de diversa cualificación. I. tiempo de las reacciones y ataques simples específicos en una situación predeterminada; II. tiempo de las reacciones y ataques complejos específicos en condiciones de elección del sector de impacto de la estocada; III. tiempo de las reacciones y los ataques diferenciados específicos en condiciones de elección entre dos acciones de esgrima; IV. lo mismo, pero en condiciones de elección entre tres acciones de esgrima.

1. maestro del deporte; 2. segunda clase; 3. principiante. La parte sombreada es el tiempo de reacción; la no sombreada, el tiempo de movimiento. En los círculos se muestra la diferencia entre los índices de maestros y noveles (en porcentaje).

pesas. Las capacidades de fuerza desempeñan un papel importante en la ejecución de los elementos de control de las embarcaciones de vela tales como la ceñida estática y dinámica.

En los saltos de esquí con trampolín tiene una gran importancia la capacidad de manifestar un esfuerzo explosivo potente. Se ha hallado una

elevada correlación entre la fuerza máxima y explosiva de los músculos extensores de las piernas y la coordinación y operatividad del control de los pedales en el automovilismo.

El control de la velocidad de desplazamiento en condiciones extremas exige mucho del sistema cardiovascular. Así, en los esquiadores del eslalón especial y gigante la frecuencia cardíaca en la salida es de cerca de 170 p/min, y después de la salida aumenta con rapidez hasta alcanzar las 207 p/min. El consumo máximo de oxígeno de los vigorosos esquiadores alpinos equivale a cerca de 70 ml/kg/min, y el consumo de oxígeno durante el descenso alcanza el 80-87% del CMO, mientras que la concentración de lactato en la sangre llega a los 24 mM/l. La frecuencia cardíaca de los motociclistas en las condiciones extremas de las carreras de *cross* asciende a las 200 p/min, mientras que la FCC de los saltadores de esquí en la salida es de unas 180-190 p/min y en el momento del despegue aumentan hasta las 200 p/min.

Sigamos analizando las particularidades de la especialización morofuncional del organismo en las modalidades deportivas en las que la velocidad de los movimientos y desplazamientos depende ante todo de los procesos metabólicos.

Principales factores determinantes de la velocidad de los movimientos deportivos

La velocidad de los movimientos y desplazamientos deportivos del primer tipo de condiciones depende de la movilización de las posibilidades funcionales de todo el complejo de sistemas fisiológicos del organismo. Esquematizando y ampliando un tanto el problema, puede decirse que la velocidad de los movimientos deportivos depende principalmente de cuatro factores (Fig. 13.2):

- condiciones externas que acompañan a la ejecución del ejercicio deportivo;
- organización del contenido locomotriz de la acción deportiva;

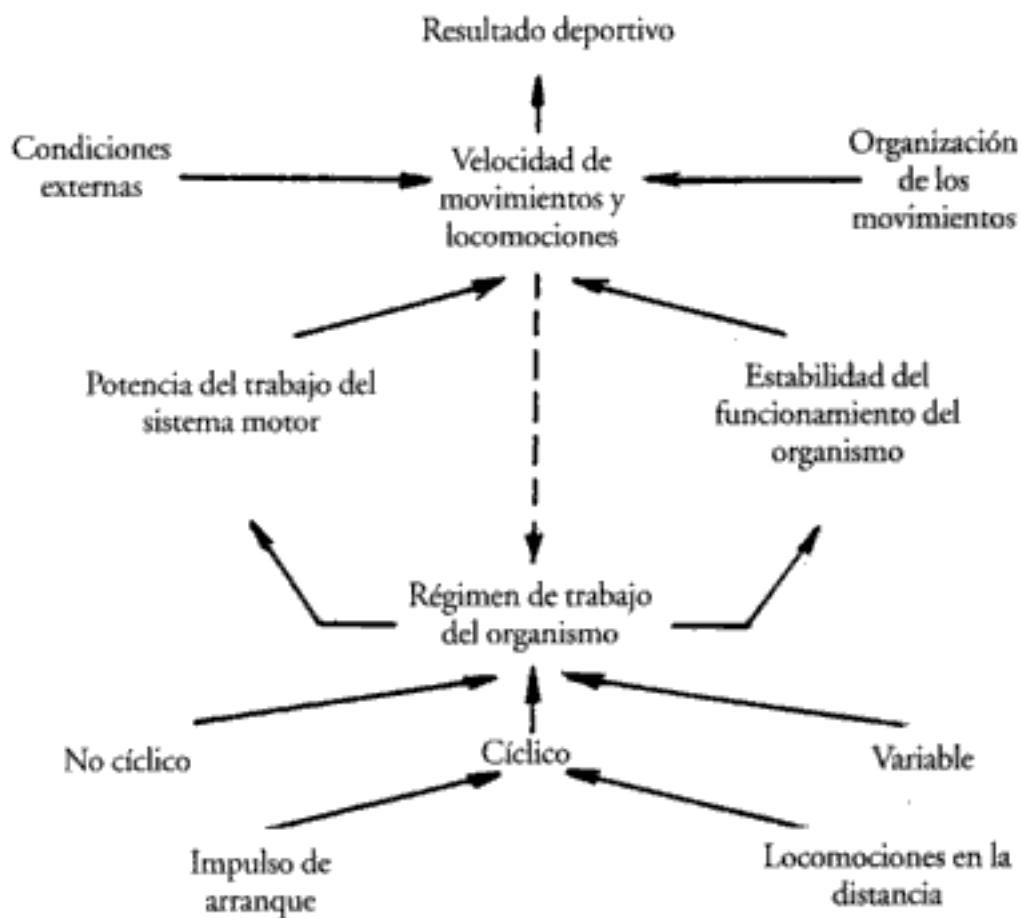


Figura 13.2 Factores que determinan en mayor medida la velocidad de los movimientos y locomociones deportivos.

- potencia del trabajo del sistema locomotriz;
- estabilidad del funcionamiento del organismo durante el entrenamiento y las competiciones.

Condiciones externas

Las condiciones externas vienen determinadas por las normas y reglamentos de la competición, las particularidades de la técnica deportiva y

aparatos deportivos empleados, el nivel de preparación física de los atletas, el carácter del trabajo ejecutado y otros factores. Como características más generales de estas condiciones pueden señalarse:

- la magnitud de la resistencia externa que el deportista debe superar (casos extremos: grande y pequeña);
- la duración del trabajo (por ejemplo, en las modalidades deportivas cíclicas las distancias cortas, medias y largas);
- el carácter del trabajo (de una sola vez, repetido, ininterrumpido, cambiante, etc.);
- la intensidad o potencia del trabajo (extrema, submáxima, moderada).

En las condiciones en que el deportista se encuentra con una resistencia externa insignificante, la velocidad de los movimientos depende principalmente de la operatividad (rapidez) de la movilización de la composición muscular de la acción por parte de la zona motora central.

A medida que aumenta la resistencia externa, el papel principal lo pasa a desempeñar la capacidad del sistema muscular de manifestar esfuerzos importantes, la magnitud de los cuales depende asimismo de la función reguladora del sistema motor.

Por último, la conservación prolongada de la velocidad de movimientos o desplazamientos (locomociones) requerida depende en lo fundamental de los sistemas tanto musculares como vegetativos.

Hay que señalar que hablamos del papel principal de los sistemas llamados fisiológicos, aunque en la práctica todos ellos participen en mayor o menor medida en la consecución del régimen de velocidad y se incorporen a su proceso de perfeccionamiento.

Organización de los movimientos

Por organización de los movimientos se entiende la regulación de la composición motora de la acción deportiva por medio de un empleo efí-

caz de los mecanismos corporales de trabajo y la formación de una estructura biodinámica del sistema de movimientos. También conviene recordar que el criterio fundamental de efectividad de la organización de los movimientos en cualquier modalidad deportiva es la habilidad del deportista para aprovechar de manera eficaz y completa su potencial motor.

Potencia del trabajo del sistema motor

187

La potencia es una característica específica del funcionamiento del sistema motor y del organismo en general, determinada por el nivel de gasto energético en la ejecución del trabajo mecánico. Una medida cuantitativa de la potencia del trabajo del sistema motriz es la velocidad del gasto energético, es decir, la cantidad de energía desprendida por unidad de tiempo.

La potencia del trabajo mecánico externo del aparato locomotor depende de las fuentes metabólicas de energía y de la habilidad del deportista para aprovechar eficazmente la energía no metabólica, esto es, la energía del movimiento del cuerpo o sus eslabones, así como la energía acumulada por los músculos durante su estiramiento.

Estabilidad del funcionamiento del organismo

La estabilidad es la capacidad del sistema de aporte de energía del organismo de funcionar durante un espacio prolongado de tiempo en condiciones de cambio constante de los parámetros del medio interno del organismo y a la vez generar la cantidad necesaria de energía requerida para mantener la potencia del trabajo mecánico externo.

El concepto de estabilidad está estrechamente relacionado con el de homeostasis: la capacidad específica del organismo de mantener la constancia del medio interno (es decir, la estabilidad de las funciones fisiológicas).

gicas fundamentales: circulación sanguínea, respiración, termorregulación, intercambio de productos y energía) ante la variación de los influjos externos y el cambio de régimen de comportamiento motriz. Al mismo tiempo, la estabilidad incluye el concepto de economización del trabajo (es decir, la capacidad del organismo de ejecutar las funciones precisas con el mínimo gasto de energía posible) y el concepto, ampliamente utilizado en la práctica, de la resistencia (la capacidad del atleta de ejecutar durante mucho tiempo el trabajo muscular sin que se reduzca su efectividad de trabajo).

Particularidades del régimen de velocidad de trabajo del organismo

La importancia cualitativa y cuantitativa de la potencia y la estabilidad del trabajo del organismo depende del régimen motor específico de velocidad propio de las condiciones de cualquier modalidad deportiva.

Particularidades de la regulación de movimientos

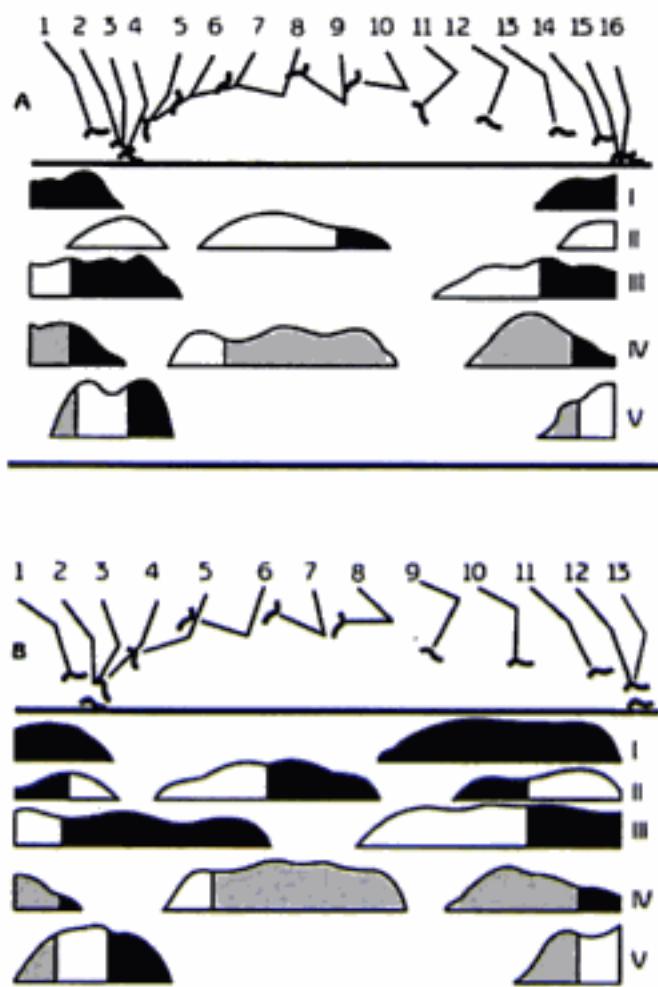
El régimen de velocidad se caracteriza por las particularidades específicas de la regulación de movimientos y su aporte de energía, relacionadas con la incorporación al trabajo de las fibras musculares lentas y rápidas, el empleo de las propiedades contráctiles, oxidativas y elásticas de los músculos y las diferencias de actividad y mantenimiento de los enzimas por parte de los sistemas vegetativos y hormonales.

Así, los desplazamientos deportivos exteriormente similares pero diferentes por su velocidad –por ejemplo, la carrera con intensidad extrema y moderada– son regímenes de trabajo del organismo completamente diferentes. La diferencia reside ante todo en la potencia del flujo de impulsos por parte de la zona nerviosa central que determina la potencia del funcionamiento del aparato locomotor y su exigencia de aporte energético, así como en la estructura cuantitativa y temporal de la actividad y el

régimen de trabajo de los músculos movilizados. Más concretamente, esto se manifiesta en un cambio sustancial de las características cuantitativas y temporales de la actividad eléctrica de los músculos (Fig. 13.3) y de la calidad de la señalización aferente que procede del aparato locomotor.

Sin embargo, si bien la diferencia de potencia de los impulsos centrales es en estos casos ante todo cuantitativa, *al nivel de los sistemas que garantizan el movimiento las diferencias adquieren un carácter cualitativo*. Se expresan en una activación prioritaria de las fibras musculares rápidas o lentas, la movilización de un espectro de diferente composición de reguladores hormonales del metabolismo y el empleo de diferentes substratos energéticos y vías de utilizarlos para la resíntesis de ATP.

Figura 13.3 Esquema de los movimientos y la magnitud de actividad eléctrica de los músculos de las piernas en la carrera con un ritmo de 200 zancadas por minuto (A) y en ritmo máximo (B). La superficie sombreada representa las magnitudes de actividad bioeléctrica; las partes negras, el trabajo de superación; el sombreado oblicuo, el trabajo de cesión; el sombreado vertical, el trabajo de fijación. Músculos: I. glúteos; II. recto interno; III. bíceps femoral; IV. tibial; V. sóleo. El intervalo entre los diferentes apoyos de la pierna es 50 m/s.



Hidden page

del ATP y de la magnitud del potencial energético del organismo, esto es sobre todo de las reservas de glucógeno en músculos e hígado. La mejora del contenido de glucógeno en el entrenamiento de la velocidad se produce gracias a la mejora de su fracción libre, no relacionada con las proteínas y, por consiguiente, más fácilmente accesible a la acción de los enzimas. Del mismo modo se garantizan las suficientes reservas intramusculares de energía y se aumenta la posibilidad de emplearlas con rapidez sin que surja la necesidad de utilizar el glucógeno de reserva del hígado.

La mejora de las posibilidades de resíntesis respiratoria de ATP posee una gran importancia para la eficacia del trabajo repetitivo de velocidad. Durante la respiración, el aporte de energía de las síntesis de reparación depende de la fosforilación respiratoria. Cuanto mayores sean sus posibilidades, de forma más rápida y eficaz transcurrirá el período de restablecimiento entre los trabajos de velocidad repetidos. Esto a su vez proporciona la posibilidad de mejorar la cantidad de ejecuciones eficaces de ejercicios de velocidad de alta intensidad durante el entrenamiento. Por ejemplo, un buen velocista consume en superar la distancia de 100 metros unos 10 segundos, para lo cual no es imprescindible un alto nivel de rendimiento aeróbico. Sin embargo, para restablecerse con rapidez después del trabajo de velocidad y repetirlo sucesivamente en condiciones de entrenamiento sí que se hace necesario un nivel suficientemente alto de potencia aeróbica.

Relajación de los músculos

Para lograr una elevada velocidad de movimientos es de gran importancia la práctica de relajar los músculos. Es especialmente importante para los desplazamientos cíclicos de velocidad, dada la necesidad de resintetizar ATP durante los intervalos entre contracciones musculares. Precisamente por ello, el tiempo de relajación de los músculos está sujeto a los más grandes cambios con el aumento de la maestría de los velocistas. Una insuficiente función de la relajación muscular obstaculiza en

gran medida su progreso. Es por ello interesante que en algunos velocistas el aumento de la maestría va acompañado principalmente por un incremento de la fuerza muscular y cambios menores en la velocidad de relajación, mientras que, en otros, por lo común los de más talento, junto a un incremento menor de la fuerza se observa un mayor aumento de la capacidad de relajación de los músculos.

Empleo de las propiedades elásticas de los músculos

192

Como condición importante de la eficacia y economía de los movimientos de alta velocidad en las desplazamientos cílicas y no cílicas encontramos el empleo de las propiedades elásticas de los músculos, que consisten en su capacidad de acumular energía elástica durante las fases preparatorias y emplearla para mejorar el rendimiento del esfuerzo motriz durante las fases de trabajo. Con la mejora de la velocidad de los movimientos (desplazamientos) del deportista aumenta la aportación de energía no metabólica al mecanismo energético general. Junto al crecimiento de la potencia de los esfuerzos de trabajo, que por sí solo ya posee una gran importancia, se mejora la economía de los gastos de energía metabólica.

Preparación psicológica

Por último, para trabajar con un régimen de alta velocidad se requiere una preparación psicológica de cara a los esfuerzos concentrados, la movilización de la esfera psicomotriz en el trabajo de intensidad extrema y la habilidad de formar y poner en práctica la disposición motora correspondiente a la orientación final del ejercicio deportivo.

Relación de las capacidades de fuerza y de velocidad

Es importante ser consciente de que los cambios en el organismo que provocan las cargas de fuerza y de velocidad son muy similares y de que la

Hidden page

Tabla 13.1 Alteraciones micromorfológicas y biomecánicas de las fibras musculares bajo la influencia de diferentes variedades de entrenamiento (en %) (según N.N. Yakovlev)

<i>Parámetro</i>	<i>Ejercicios</i>		
	<i>de resistencia</i>	<i>de velocidad</i>	<i>de fuerza</i>
Masa relativa del músculo, % de la masa corporal	9	32	39
Grosor de las fibras musculares	0	24	30
Número de mitocondrias por unidad de superficie	60	30	-
Superficie de las mitocondrias por unidad de sección transversal	55	35	-
Proteínas:			
retículo sarcoplasmático	5	54	60
miofibrilla	7	63	68
sarcoplasma	23	57	30
miosina	0	18	59
miostromina	0	7	34
mioglobina	40	58	53
ATP	0	0	0
PC	12	58	25
Glucógeno	80	70	38
Enzimas:			
glucólisis	0-9	25-30	-
oxidación aeróbica	59-230	50-100	-
Intensidad (máxima)			
glucólisis	10	56	28
respiración de los tejidos	53	45	20
Generación de ATP en la cadena respiratoria por unidad de masa del músculo	85	60	-

Ejercicios acílicos

Los ejercicios de velocidad acílicos se caracterizan, en general, por el trabajo muscular balísticos con esfuerzos explosivos. En este caso, los músculos aceleran la masa desplazada (el propio cuerpo del deportista o

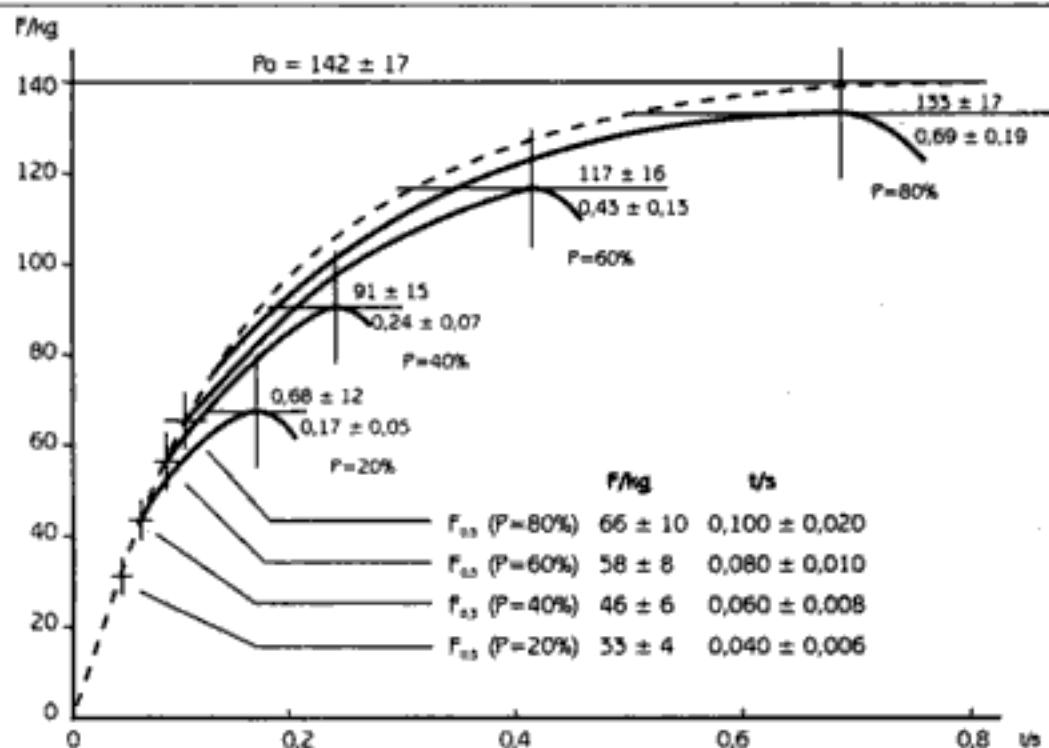


Figura 13.4 Gráfica $F(t)$ del esfuerzo isométrico explosivo de los músculos (línea de puntos) y el trabajo dinámico con cargas del 20, 40, 60 y 80% de la fuerza máxima (P_0) en una extensión aislada de las articulaciones ilíaca y de la rodilla

el aparato deportivo) mediante un esfuerzo potente y concentrado, y más adelante se mueve por inercia. Es como si los músculos la empujaran aumentando un poco su velocidad. Pero la fuerza de la interacción de los músculos sobre la masa desplazada se reduce y, por consiguiente, también la aceleración de esta última (Fig. 5.2, cap. 5).

El aumento de la velocidad de los movimientos acíclicos depende de la mejora de la capacidad del deportista de manifestar esfuerzos explosivos, esto es, alcanzar un esfuerzo máximo de gran magnitud en un tiempo más corto (Fig. 1.10, gráfico 2, cap. 1). Esto se alcanza tanto mediante el aumento de la capacidad de la zona motora central de generar un flujo potente de impulsos aferentes al sistema muscular, la ampliación de las

posibilidades funcionales de los mecanismos de trabajo del cuerpo y la organización de su cooperación racional y el aumento de la potencia de los mecanismos de aporte de energía del movimiento, como gracias a la formación de una estructura biodinámica racional de la acción deportiva.

El carácter de la manifestación del esfuerzo de trabajo en los movimientos balísticos viene determinado por la magnitud de la resistencia exterior superada. Por ejemplo, la Fig. 13. 4 ilustra las particularidades de la manifestación (desarrollo) del esfuerzo explosivo en un régimen dinámico de trabajo muscular contra cargas de diferente peso. Se presentan el nivel de fuerza máxima (P_0), medido en régimen isométrico en los ángulos articulares correspondientes al máximo de esfuerzo manifestado en régimen dinámico, y la gráfica $F(t)$ de esfuerzo isométrico explosivo de los músculos. Es fácil comprobar que en todos los casos el máximo de esfuerzo en las gráficas $F(t)$ es menor en importancia que P_0 . El más cercano a P_0 es el valor del máximo de esfuerzo en la tensión isométrica explosiva de los músculos. En el régimen dinámico de trabajo muscular, a medida que disminuye la magnitud de la carga se aumenta la diferencia entre P_0 y F_{max} (es decir, el déficit de fuerza) (Tabla [3. 2]).

Tabla 13.2 Resultados del experimento

Movimiento con carga igual a	F_{max} en % de P_0	Déficit de fuerza en %	Correlación F_{max}/P_0
80% del P_0	94,0	6,0	0,822
60% del P_0	82,7	17,3	0,798
40% del P_0	64,4	35,6	0,657
20% del P_0	47,7	52,3	0,316

Hidden page

Conviene destacar que los resultados de esta serie de experimentos de laboratorio sirvieron en su momento como base para formular los conceptos de fuerza «inicial» y «aceleradora» de los músculos (Y. Verkhoshansky, 1963, 1970).

Llama la atención (v. Fig. 13.4) que en el esfuerzo isométrico explosivo y el esfuerzo dinámico contra una carga del 60% y el 80% de P_0 la fuerza exterior alcanza con rapidez el valor determinado (gracias a la fuerza de arranque de los músculos), para después seguir creciendo hasta el máximo con mayor lentitud. En un régimen dinámico de trabajo muscular, este cambio de carácter de la gráfica $F(t)$ corresponde al momento en que la fuerza alcanza el valor del peso de la carga superada. En cuanto que en este momento empieza el movimiento, puede considerarse que en su aprovisionamiento intervienen nuevos mecanismos fisiológicos que movilizan los recursos suplementarios con el fin de aumentar la fuerza de tracción de los músculos (fuerza aceleradora).

De este modo, el carácter de la manifestación del esfuerzo explosivo en el tiempo durante el trabajo balístico depende por completo de las condiciones externas, y su máximo del nivel de fuerza máxima (cuanto mayor sea, mayor será la resistencia exterior). Por ello, durante un esfuerzo dinámico explosivo con una resistencia exterior del 20-40% de P_0 , el carácter de la curva $F(t)$ viene determinado íntegramente por el nivel de desarrollo de la fuerza inicial de los músculos. Frente a una resistencia exterior del 60-80% de P_0 el carácter de su funcionamiento cambia de forma sustancial. Como en el caso anterior, el principio de la curva $F(t)$ depende de la fuerza inicial de los músculos, pero su desarrollo posterior ya está relacionado con la capacidad de los músculos de manifestar con rapidez el máximo potencialmente posible de fuerza en condiciones de inicio del movimiento, esto es, con la fuerza aceleradora de los músculos.

El desarrollo de las capacidades relacionadas con la manifestación de la fuerza aceleradora posee una importancia especialmente destacada para la mejora de la velocidad de los movimientos ejecutados frente a una gran resistencia exterior, por ejemplo, al levantar pesas. En este caso se

manifiestan las leyes biodinámicas generales: el ejercicio puede ser ejecutado con éxito si se cumple la condición de que el atleta es capaz de transmitir al aparato la necesaria velocidad ascendente.

Como ejemplo, en la Fig. 13.6 se presentan los datos de un levantador. Al principio de la preparación para las competiciones internacionales su marca estaba en levantar una pesa de 155 kg. En aquel momento su velocidad de levantamiento de una pesa de 90 kg en la fase de explosión era de 2,40 m/s (en la figura 13.5 de la gráfica 1 este peso supone un 60% del máximo de levantamiento). Tras un mes de entrenamiento el atleta fue capaz de aumentar la velocidad de levantamiento de la pesa en toda la gama de pesos de control (del 60% al 90% del máximo, gráfica 2). Así, con el mismo peso de 90 kg la velocidad de levantamiento creció hasta los 2,59 m/s. El aumento de las capacidades de velocidad del atleta garantiza una mejora de sus resultados en las competiciones. Alcanzó la plusmarca mundial al levantar 162,5 kg.

Es necesario tener en cuenta que puede sostenerse una alta velocidad de los movimientos acíclicos en cada una de sus repeticiones aisladas durante el entrenamiento y la competición si los sistemas vegetativos del organismo presentan un nivel funcional lo suficientemente alto. Así, el avance del entrenamiento de los lanzadores va acompañado de un paso de la circulación sanguínea a un nivel más económico, caracterizado por un aumento del volumen de sangre por minuto en el entorno de una disminución de las contracciones del corazón y una reducción de la resistencia periférica. Está demostrada la gran importancia del desarrollo de las posibilidades aeróbicas también en la preparación de los levantadores de pesas.

Fuerza inicial

El impulso de arranque o fuerza inicial es una forma específica de desplazamiento cíclico de velocidad que se caracteriza por una particularidad que es la rápida acumulación de velocidad desde el reposo hasta el

máximo posible (por ejemplo, el impulso de arranque en las carreras de velocidad, sean de atletismo, sobre patines, de remo o de bobsled, en los saques de fútbol, en la «recepción» de las pequeñas pelotas de tenis o en la carrera del salto de longitud).

Puesto que la aceleración inicial requiere una alta intensidad de los esfuerzos, las condiciones imprescindibles para su puesta en práctica son:

- primero, potencia de flujo de los impulsos estimulantes que van de las instancias reguladoras superiores a la periferia motora, y el mantenimiento de este flujo a un alto nivel;
- segundo, potencia del mecanismo de aporte de energía del trabajo muscular

Con el ejemplo de la carrera de velocidad se demuestra que la velocidad de la aceleración inicial depende en gran medida de la longitud (frecuencia) de los pasos, dependiente a su vez del nivel de fuerza máxima y explosiva de los músculos. Lo específico de la capacidad de aceleración inicial se pone de manifiesto por su ausencia de correlación con el resultado de la carrera con máxima velocidad, lo cual tiene que ver no sólo con la diferencia en la regulación nerviosa central de los movimientos, sino también con el diferente papel funcional de los grupos musculares que trabajan. Así, si la relación de las características de fuerza y velocidad de la flexión del muslo con la velocidad de la carrera en la distancia es poco importante, en el caso de la velocidad del impulso de arranque es mucho más sustancial.

La velocidad del impulso de arranque viene determinada en buen grado por la potencia del mecanismo de resíntesis anaeróbica aláctica de ATP y sus correspondientes sistemas de enzimas. Junto a ello se encuentra una alta relación entre la potencia máxima anaeróbica (PMA) y el CMO. Está demostrado que una alta capacidad aeróbica garantiza la posibilidad de ejecutar de forma repetida la aceleración inicial con elevada efectividad en condiciones de actividad de entrenamiento y competición.

Para la valoración de la PMA suele tomarse un test ergométrico especial: la carrera por una escalera a máxima velocidad. Se registra la velocidad vertical de subida alcanzada entre el 2º y el 5º seg de trabajo que caracteriza también la PMA (R. Margaria et al., 1966). Conviene, no obstante, tener en cuenta que a causa de la diferencia de coordinación neuromuscular y las particularidades de los procesos metabólicos propios de los deportistas de diferentes especialidades, el test de R. Margaria puede no ser específico para ellos. No se puede, por supuesto, ignorar esta circunstancia. Pero, teniendo en cuenta la simplicidad y naturalidad de los movimientos en este test y su suficiente aportación de información, demostrada en numerosos estudios, conviene hacer caso de sus resultados. En cualquier caso, los datos de una serie de autores, presentados en la Fig. 13.7, son plenamente dignos de atención, pues reflejan de forma bastante objetiva las diferencias en los índices de PMA en deportistas de diversas especialidades.

Los resultados de los estudios en los que se empleó el test de R. Margaria atestiguan indirectamente la relación de la PMA con la fuerza máxima de los músculos y la capacidad del deportista de manifestar esfuerzos potentes. Por ejemplo, a los mejores índices de PMA en el test de R. Margaria (V_y) de los patinadores de diversas especialidades (Tabla 3.3)

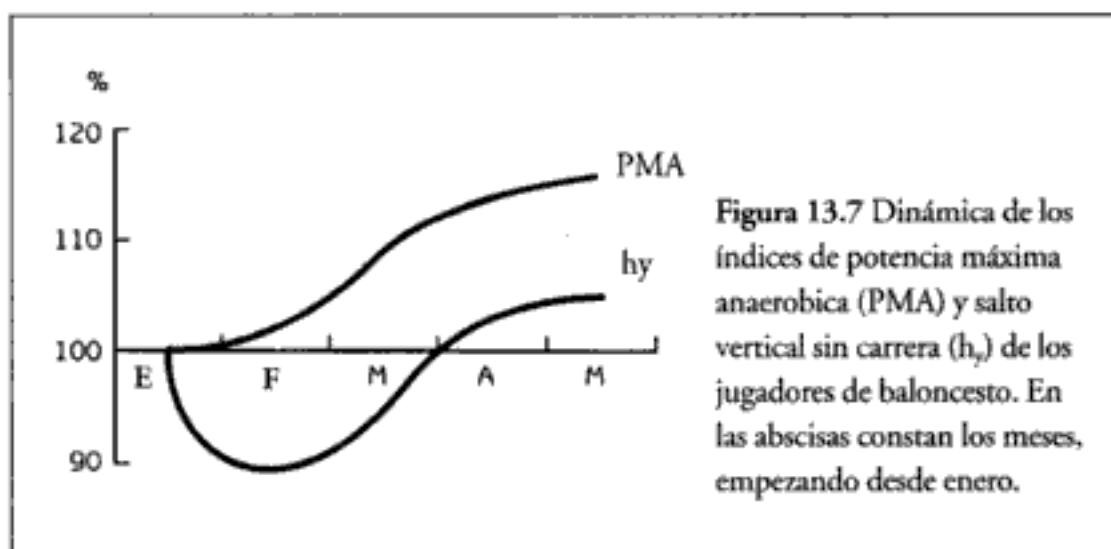


Tabla 13.3 Características de velocidad-fuerza de los patinadores

<i>Especialidad</i>	<i>Índices de velocidad-fuerza</i>						
	P_0	F_{\max}	J	Q	t_{\max}	N	V_r
<i>Velocistas</i>	102	100	281	682	0,36	62,7	1,37
<i>Pruebas múltiples</i>	102	99	246	611	0,41	57,9	1,21
<i>Fondistas</i>	99	95	217	482	0,48	49,2	1,12

corresponde a su vez una mayor importancia de la fuerza explosiva (J) y de arranque (Q) de los músculos, la potencia de trabajo (N) y el tiempo de alcance del máximo de esfuerzo explosivo (t_{\max}).

También se ha mostrado la dinámica unidireccional de la PMA (según el test de R. Margaria) del resultado del salto vertical sin carrera (Fig. 13.8) en el período preparatorio del entrenamiento de los jugadores de baloncesto de alto nivel. Está demostrado que el nivel de potencia anaeróbica máxima presenta una relación con la máxima velocidad de la carrera de esprint, y el resultado de esta última, a su vez, está sustancialmente relacionado con los índices de velocidad-fuerza de los deportistas. Se ha establecido la relación entre la potencia del esfuerzo durante una extensión aislada de la pierna con carga y la PMA evaluada con la ayuda del test de R. Margaria, así como una relación del porcentaje de fibras motrices rápidas en los músculos con los índices de velocidad de la elevación vertical en el test de R. Margaria y con la fuerza relativa de las piernas.

Se dispone también de pruebas directas de la relación de la PMA con la fuerza máxima de los músculos y la capacidad de manifestar esfuerzos explosivos, obtenidas, en concreto, por mis colaboradores. Así pues, se ha hallado una elevada relación de la fuerza máxima y explosiva y el tiempo de manifestación del esfuerzo máximo durante la extensión de la pierna y la flexión del pie con la constante de aceleración inicial de los juga-

Hidden page

Desplazamientos

En las desplazamientos cílicos, según el criterio de intensidad de trabajo del organismo y su aporte de energía, se distinguen tres grupos de distancias, cuya velocidad de recorrido exige intensidades extremas, submáximas o moderadas de los esfuerzos (respectivamente, distancias de sprint, medias o largas).

Como ya se ha citado (ver cap. 11), la intensidad del trabajo cílico depende de la potencia del flujo de impulsos centrales. La frecuencia de movimientos y su aporte por parte de los sistemas metabólicos, vegetativos y humorales-hormonales se dispone de forma automática, en correspondencia con la orientación de trabajo dominante en el momento y la estructura funcional especializada de aporte a la actividad muscular, formada para el régimen motor dado.

En el caso de los desplazamientos de alta velocidad (distancias de sprint), el flujo de impulsos centrales es extremadamente intenso. El aparato locomotor funciona a máxima potencia, con movilización prioritaria de las fibras musculares rápidas y una parte importante de las intermedias. La elevada actividad de los sistemas hormonales refuerza el mecanismo PC de resíntesis de ATP, así como la glucólisis con formación de grandes concentraciones de lactato en los músculos de trabajo y la sangre. Los substratos energéticos fundamentales son la PC y el glucógeno de los músculos. La velocidad de los movimientos (desplazamientos) está limitada por la capacidad de la zona motora central de generar y mantener un flujo de impulsos de máxima intensidad, por la velocidad y potencia de las reacciones metabólicas, por la reserva de PC y glucógeno en las fibras musculares y por el nivel de concentración de lactato en los músculos.

En el caso de los desplazamientos realizados a una velocidad relativamente inferior de la máxima, el flujo de impulsos centrales hacia los mecanismos espinales y, por consiguiente, el trabajo del sistema locomotor es menos intenso. Se movilizan sobre todo las fibras musculares lentes e intermedias, así como una parte de las rápidas. Se activan los reguladores

hormonales del metabolismo y la producción energética que garantizan las reacciones homeostáticas y el mantenimiento de la constante del medio interno, las reacciones de los vasos periféricos y la nueva distribución sanguínea, que refuerzan el riego sanguíneo a los órganos y grupos musculares que trabajan y el mantenimiento del nivel de consumo de oxígeno.

Como substratos energéticos en función de la potencia del trabajo se emplean el glucógeno y los ácidos grasos libres. La efectividad y duración del trabajo están limitadas por la estabilidad de la entrada de oxígeno, el mantenimiento de un volumen constante de pulsaciones del corazón y el volumen de sangre por minuto en correspondencia con la magnitud de la demanda de oxígeno. Tienen una gran importancia las capacidades «respiratorias» de los músculos, relacionadas con las propiedades de oxidación de las fibras musculares lentas y su capacidad de utilizar el oxígeno.

En la Fig. 1.10, gráfica 5 (del cap. 1) se presentaron unos cambios de la dinámica de los movimientos de los deportistas típicos de las modalidades deportivas cíclicas. Cabe recordar que en el presente caso es característica la siguiente tendencia: aumenta la fuerza máxima de los músculos y el máximo de esfuerzo de trabajo; se acorta el tiempo necesario para alcanzar el máximo de esfuerzo; aumenta la profundidad y duración del estado relajado de los músculos; se reduce el ritmo de los movimientos.

Correlación de la amplitud y frecuencia de la zancada

La correlación del ritmo de los movimientos y la potencia de los esfuerzos desarrollados o la amplitud de y frecuencia de la zancada posee una gran importancia para la velocidad de los desplazamientos en las modalidades deportivas cíclicas.

La velocidad media en la distancia en un ciclo aislado de movimientos (V_{cp}) se expresa en su aspecto más general mediante una ecuación: $V_{cp}=L \times T$, es decir, es una función de la amplitud (L) y frecuencia (T) de zancada. Sin embargo, el resultado final depende en conclusión de la

magnitud del consumo de energía. Esta última depende a su vez de la correlación del ritmo y la potencia de los esfuerzos desarrollados en cada ciclo de movimientos, es decir, de la amplitud de la zancada, la economía del trabajo y la distribución de las fuerzas en la distancia.

En una serie de desplazamientos desempeña un significativo papel en los gastos de energía el movimiento por inercia, que tiene una gran importancia para la eficacia y economía de los movimientos en la natación, el remo, el patinaje y el esquí. Al mismo tiempo, en las carreras de atletismo este factor está ausente y la especificidad de los movimientos reside en la presencia del llamado «impulso hacia delante» y las oscilaciones verticales del centro de gravedad del deportista, que influyen de manera sustancial en el aporte de energía del trabajo.

Entre los especialistas en la correlación de la amplitud y frecuencia de la zancada pueden encontrarse puntos de vista diversos y en ocasiones contradictorios. Se considera, por ejemplo, que una zancada más larga es la principal diferencia entre los corredores buenos e intermedios que tienen idénticos CMO, altura y peso. Tanto los corredores como los patinadores más cualificados poseen zancadas más cortas y con menor frecuencia que los menos cualificados; aun así, los primeros recorren mayor distancia con un menor número de zancadas. En las carreras, es mucho más importante el incremento del ritmo de movimiento, manteniendo o acortando las zancadas.

Se han presentado evidencias de que en los últimos diez años el aumento de velocidad en las carreras ciclistas de carretera se ha producido gracias exclusivamente al incremento de la magnitud del desarrollo. La velocidad creció de 40,5 a 48-49 km/h, el «peinado» (distancia salvada con una vuelta de la barra de guía) aumentó de 6,66 a 8,13 m, y en cambio la frecuencia de pedaleo se mantuvo constante en las 95-100 vueltas por minuto. Se afirma que en aquellos canoistas que muestran la misma gran eficacia de trabajo en el ciclo de movimientos, la potencia del trabajo se genera en gran medida gracias al aumento del esfuerzo, no del ritmo. Es por ello que en la orientación de cara al trabajo de máxima inten-

Hidden page

llegaron sólo a los 21,5 seg. El gasto de energía con una carga estándar se redujo respectivamente en un 7,9 y un 5,7%, la fuerza de los músculos en la presión sobre el pedal creció en un 8,3 y un 5,6%, al tirar del pedal un 10,5 y un 7,3% y la prolongación del trabajo «a tope» en un 104,3 y un 86,8%. Frente a ello, la magnitud del crecimiento del CMO en ambos grupos (*¡prestemos atención!*) no se diferenció en esencia al ser de 8,7 y 8,4%.

De este modo, una alta velocidad de desplazamiento en la distancia, junto a las posibilidades aeróbicas, exige también un alto nivel de preparación de fuerza del deportista. El corredor que quiera mostrar un elevado resultado debe poseer una considerable fuerza explosiva para correr con elasticidad y zancadas largas. Junto a ello debe poseer un alto nivel de resistencia muscular local para mantener la amplitud de la zancada en la distancia y conservarla en la parte final. *La orientación de economizar en el impulso y consumir la energía excedente aumentando la frecuencia de los movimientos es principalmente falsa.*

Constatar la utilidad principal de una zancada más larga no implica, sin embargo, convertirla en algo absoluto. Hay que examinar la zancada larga en relación con el nivel de maestría y la etapa del ciclo anual. Se revela una tendencia determinada que atestigua que con el aumento de la potencia de trabajo y el progreso de la maestría, la velocidad en las modalidades deportivas cíclicas crece al principio primordialmente gracias al aumento de la longitud de la zancada, y después al incremento del ritmo de movimientos (Fig. 13. 9). Esta tendencia es propia también del proceso individual de formación de la maestría deportiva. Por ello, teniendo en cuenta la ineficacia energética de un alto ritmo de movimientos, conviene considerar el aumento de la longitud de la zancada gracias a una preparación en fuerza especializada como la primera reserva para el aumento de la velocidad de los desplazamientos cílicos, y sólo después recurrir a la vía de aumentar el ritmo de los movimientos.

Conservar la velocidad en la distancia posee una importancia esencial de cara al resultado de los desplazamientos cílicos. En condiciones de

competición, sobre todo en la parte final, se observa una tendencia a reducir la amplitud de la zancada y disminuir la velocidad y el ritmo de los movimientos. En este caso, la reducción de la amplitud de la zancada se produce antes incluso de que disminuya la velocidad, que se mantiene mediante el aumento de la frecuencia de los pasos (estado de cansancio compensado). Tan sólo cuando el acortamiento de la zancada no se compensa con la frecuencia de los movimientos se produce la caída de la velocidad y aparece el cansancio no compensado.

Los deportistas muestran la mayor estabilidad de parámetros motores en el período en que se experimentan indicios de fatiga, esto es, en la mitad de la distancia. En su principio, así como en el período de intenso

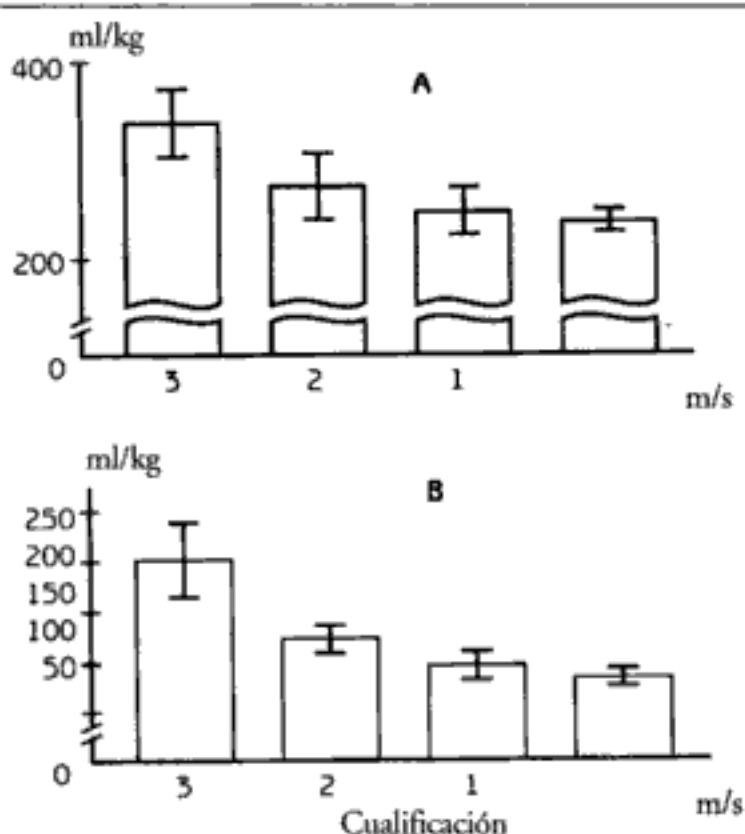


Figura 13.9 Demanda de oxígeno (A, global; B, específica) en el recorrido a nado de los 150 m en estilo libre a una velocidad de 1,035 m/s en nadadores de diversa cualificación.

cansancio, la variabilidad de los parámetros motores es siempre superior. El aumento de la velocidad, amplitud y frecuencia de la zancada al principio y a la mitad de la distancia conduce a una reducción de la capacidad de trabajo y a un empeoramiento del resultado deportivo.

En función del carácter de los movimientos, los deportistas encuentran diferentes modos de mantener la velocidad en condiciones de cansancio compensado. Así, uno de los índices de maestría deportiva en la natación es la capacidad del nadador de contrarrestar el cansancio con la ayuda de un cambio de la estructura de fases del ciclo, aparte de aumentar la duración de la fase de brazada. En el remo con canoa, a medida que aparece el cansancio en la parte final de la distancia, cuando no se consigue aumentar el esfuerzo de boga, la velocidad de avance de la embarcación aumenta gracias al incremento del ritmo acompañado de un cierto acortamiento de la longitud recorrida.

Economía del trabajo muscular

La velocidad de desplazamiento y el resultado deportivo en los ejercicios cílicos depende en gran medida de la eficacia del aprovechamiento del potencial motor del deportista. En este caso se entiende por eficacia el rendimiento de la actividad muscular, caracterizado por la magnitud del gasto de energía en la unidad de trabajo realizado. Los especialistas consideran que en la etapa actual del deporte se ha alcanzado un nivel de rendimiento aeróbico y anaeróbico cercano al máximo de las posibilidades del organismo humano. Por ello, el futuro progreso vendrá determinado por la habilidad del deportista para aprovechar eficazmente su potencial energético.

La evidencia más palpable del fenómeno de la economía es la reducción del consumo energético observada por muchos autores en las cargas estándar específicas a medida que aumenta la cualificación de los deportistas. Así, en los corredores (Fig. 13.10) se aprecia una disminución de la demanda de oxígeno, tanto «general» (la cantidad total de oxígeno con-

sumido durante el trabajo) como «específica» (el consumo general de oxígeno con deducción del volumen en reposo). Las diferencias en la magnitud de la demanda de oxígeno entre los deportistas de III clase y los maestros del deporte ascienden en el primer caso al 42,9% y en el segundo al 108,5%. Resulta interesante apreciar que la diferencia en la magnitud del índice de demanda «específica» de oxígeno en maestros del deporte y corredores principiantes de larga distancia era sólo del 35,4%, es decir, 3 veces menor que en los nadadores. Es obvio que, en los nadadores, a consecuencia del movimiento por inercia se generan mejores posibilidades para la economía de los gastos fisiológicos y el aumento sobre esta base del resultado deportivo. La legitimidad de esta proposición viene apoyada por los estudios en los que se descubrieron menores gastos de energía en los más fuertes patinadores suecos en comparación con el tra-

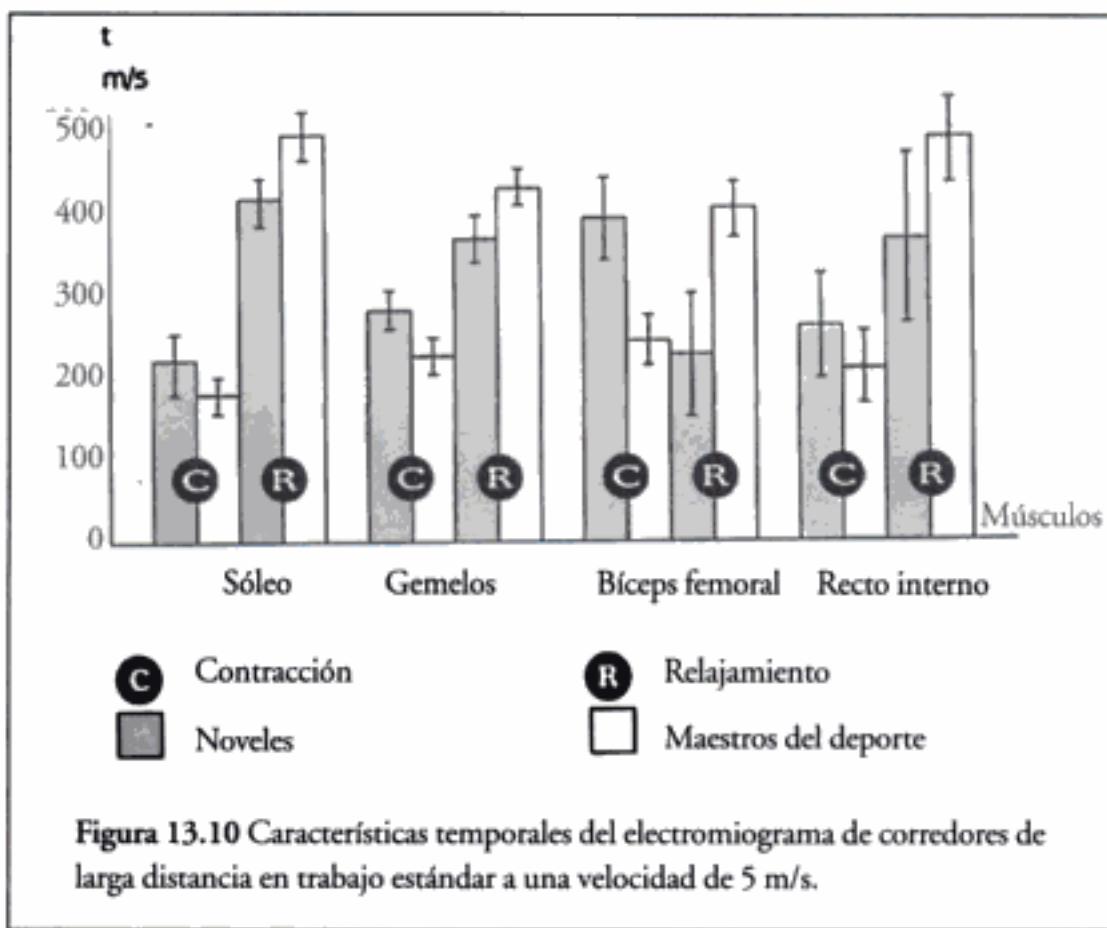


Figura 13.10 Características temporales del electromiograma de corredores de larga distancia en trabajo estándar a una velocidad de 5 m/s.

bajo análogo por su intensidad en el gimnasio. Se obtuvieron resultados análogos con los nadadores, en los que el CMO durante la natación era un 6-7% inferior que en la carrera y el trabajo en el veloergómetro.

Además de por el aprovechamiento del movimientos por inercia, la diferencia expuesta en el aporte energético del trabajo se explica también por las particularidades de la carrera biomecánica. En la última tienen lugar oscilaciones del centro de gravedad. Con el aumento de la amplitud de la zancada se incrementa su trayectoria, lo cual conduce a que se reforce el «impulso hacia delante», y disminuye la eficacia general del trabajo y la velocidad de desplazamiento. Sin embargo, el «impulso hacia delante», junto a las negativas tiene también partes positivas. Conduce a una relajación de los músculos extensores y a que se acumule en ellos la energía elástica que después se aprovechará para aumentar la potencia de su contracción (recuperación de la energía mecánica), lo cual aparece como factor esencial de la economía de la carrera.

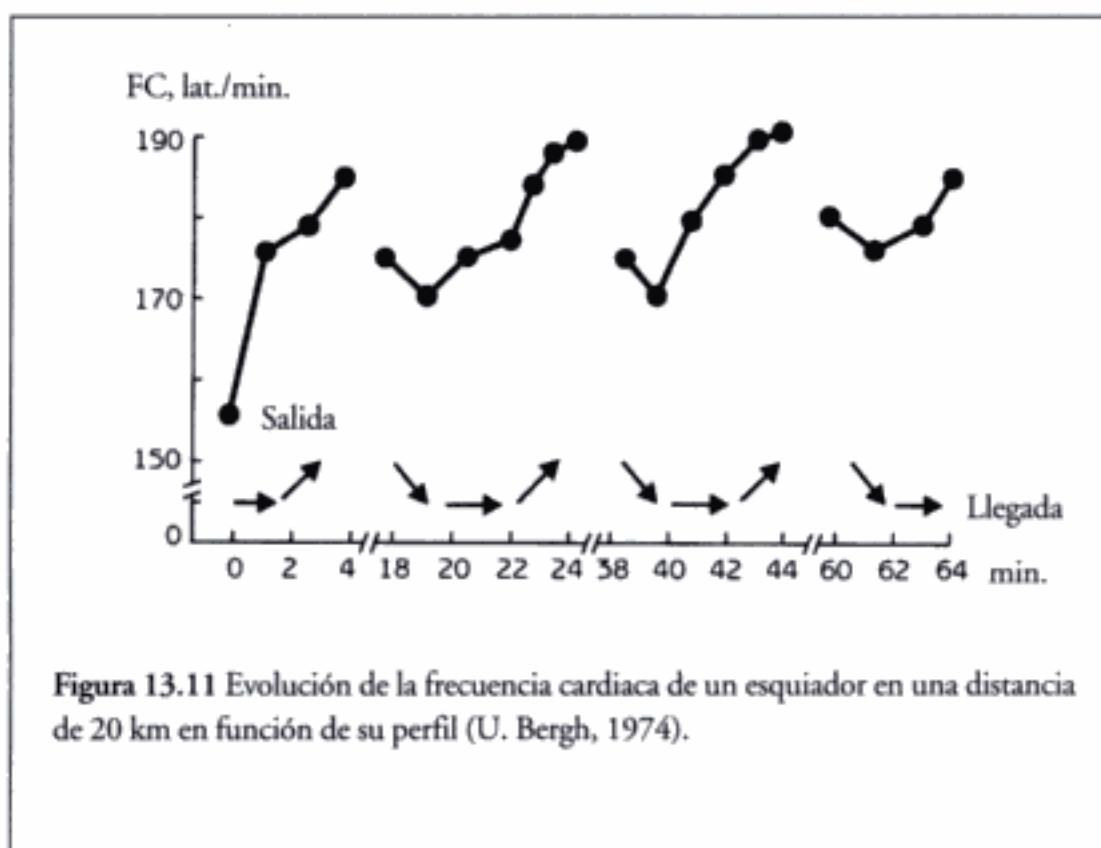


Figura 13.11 Evolución de la frecuencia cardiaca de un esquiador en una distancia de 20 km en función de su perfil (U. Bergh, 1974).

La causa de la economía en el aporte de energía a menudo se relaciona con el perfeccionamiento de la coordinación de movimientos y la maestría técnica. Esto viene apoyado en particular por los parámetros electromiográficos de la actividad de los músculos empleados en el trabajo en condiciones de carrera con velocidad estándar. Por ejemplo, se ha apreciado una reducción de la duración del período de contracción y un aumento de la duración de su relajación en los maestros del deporte en comparación con los corredores principiantes (Fig. 13.11). Los maestros del patinaje se distinguen por una menor importancia de la actividad eléctrica total de los músculos en todas las fases, con la excepción de la fase de batida de un solo apoyo, en la que es un 45% superior que en los deportistas de segunda clase. Por ello, el movimiento de los patinadores cualificados se distingue por un mayor nivel de economía, que se expresa en menores importancias del coste en impulsos de un metro de carrera.

Táctica del recorrido de la distancia

Distribuir las fuerzas en el transcurso de la competición es de una importancia esencial para la economía del consumo energético y el recorrido eficaz de la distancia de competición. Sobre este particular existe una extensa literatura. Nos detendremos tan sólo en las cuestiones importantes.

Está universalmente reconocido que recorrer la distancia de forma regular es lo más racional y energéticamente conveniente. Esto se explica por el consumo económico de energía conseguido gracias al trabajo del organismo en el régimen conocido como de estado estable (*steady state*), en el cual la velocidad de formación de ATP a cuenta de la fosforilación oxidativa es igual a la velocidad de su disociación, mientras que la energía necesaria para ello aparece como resultado de la oxidación de los hidratos de carbono y las grasas.

En otras palabras, se conserva el estado estable hasta el momento en que se supera el umbral anaeróbico, esto es, hasta el momento en que se

incorporan las fuentes anaeróbicas para el aporte de la intensidad de trabajo exigida. En los individuos no entrenados, el umbral anaeróbico se encuentra en el nivel del 40-50%, en los entrenados en el del 55-60% y en los deportistas de alta cualificación el nivel se encuentra cerca del 70% del CMO o más. Por ello, un deportista que tenga un elevado umbral anaeróbico podrá desarrollar y mantener una velocidad más alta sin acumular de forma significativa en el organismo los productos del intercambio anaeróbico.

214

Sin embargo, en la práctica no siempre es posible un recorrido regular de la distancia. Circunstancias tales como la pugna por un lugar o en un grupo apretado de deportistas, la aspiración a ocupar una posición aerodinámicamente más conveniente y, por último, las maniobras tácticas exigen un cambio en la velocidad de desplazamiento. En modalidades de competición como el *cross* por terrenos accidentados y las carreras de esquí surge la necesidad de aumentar la intensidad de trabajo en función del perfil cambiante de la distancia (Fig. 13.12), lo cual perturba el estado estable del organismo, provoca gastos adicionales de energía y la necesidad de compensarlos durante el proceso de trabajo. El organismo del deportista debe estar preparado para ello.

De ahí que en principio convenga hacer lo posible por conseguir una gráfica regular de recorrido de la distancia, pero también disponer de reservas de potencia para realizar un cambio de ritmo y velocidad cuando sea necesario. Por ejemplo, un remero cualificado (de kayak o canoa) debe poseer para ello una reserva de ritmo de aproximadamente un 6-8% del ritmo de aceleración inicial y un 8-12% del ritmo medio en la distancia.

Reparemos en que aquí se trata tan sólo de la creación de una reserva de potencia (velocidad, ritmo) como condición para resolver tareas tácticas en las competiciones y perfeccionar las posibilidades de restablecimiento del organismo en caso de cambio de régimen de trabajo, pero no del desarrollo de una resistencia «más allá de la velocidad» como principio del entrenamiento, tal y como en ocasiones se observa en la literatura.

Hidden page

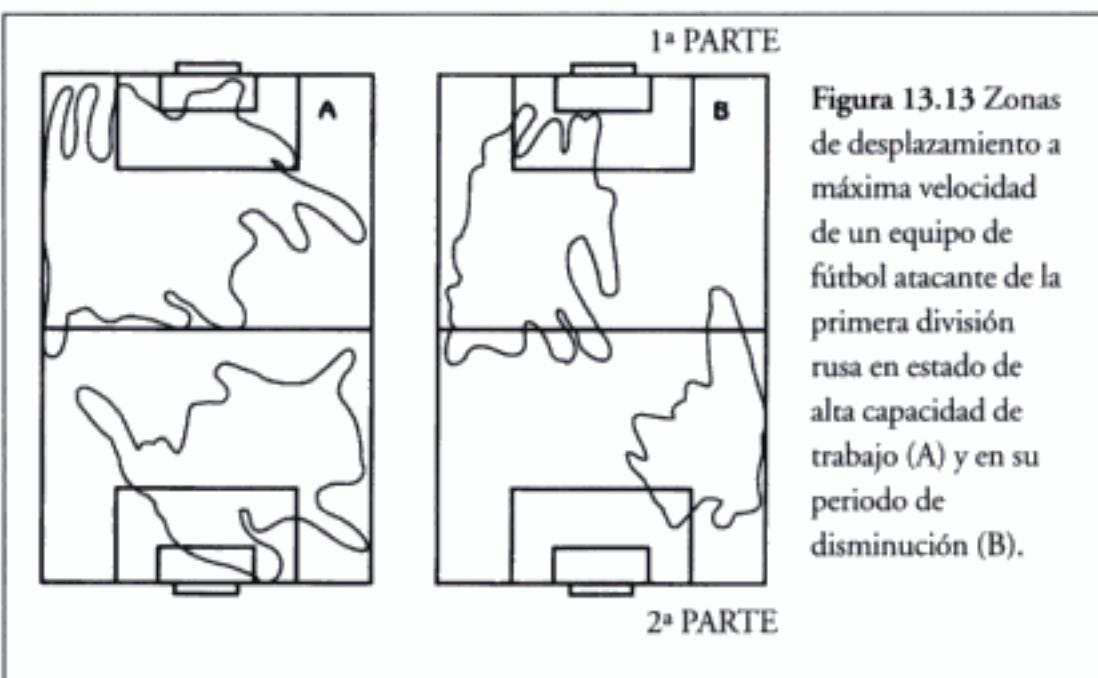
Hidden page

Hidden page

locidad de los desplazamientos disminuye (minuto 15), después se recupera y hacia el final de la segunda parte se reduce significativamente. Al principio del segundo tiempo se observa un cierto aumento seguido de una reducción constante de la velocidad. No resulta difícil concluir que a estos futbolistas les faltaba claramente resistencia de velocidad.

Una insuficiencia de resistencia de velocidad se traduce en una reducción de la actividad en el juego del futbolista en el transcurso del partido. Esto queda también reflejado (Fig. 13.14) en el estrechamiento de la zona de desplazamiento con máxima velocidad del delantero de uno de los equipos de la primera división rusa en el estado de alta capacidad de trabajo y en el período de su disminución.

De este modo, la alta velocidad de desplazamientos y la capacidad de conservar esta velocidad durante un espacio prolongado de tiempo (resistencia de velocidad) es *la característica principal de la maestría deportiva en las modalidades deportivas con régimen intermitente o variable de trabajo del organismo*. Es fácil comprobar hasta qué punto es esto cierto en los juegos deportivos mediante el ejemplo del fútbol (Fig. 13.14), que demuestra el alto grado de correlación entre el resultado de los partidos oficiales y el nivel dinámico de resistencia de velocidad de los futbolistas.



El aporte de energía de los movimientos (desplazamientos) de velocidad en condiciones de régimen intermitente se fundamenta en la vía glucolítica y de la fosfocreatina. El mecanismo aeróbico juega un papel esencial en la producción energética global, puesto que de su potencia depende la formación y el pago del aporte de oxígeno. Por consiguiente, la actividad deportiva con régimen intermitente de trabajo de velocidad exige la combinación de un eficaz rendimiento anaeróbico y un alto nivel de funcionamiento del sistema aeróbico.

De este modo, todas las particularidades de los mecanismos fisiológicos de regulación y aporte de energía de los movimientos (desplazamientos) de velocidad del deportista que se analizaron con anterioridad (ver cap. 3) son también plenamente aplicables al régimen intermitente de trabajo de velocidad.

Junto a ello, cada modalidad deportiva de este grupo se caracteriza por unas exigencias particulares de manifestación de la velocidad de movimientos (desplazamientos) relacionadas con la actividad deportiva específica y las condiciones y normas de la competición. Estas exigencias

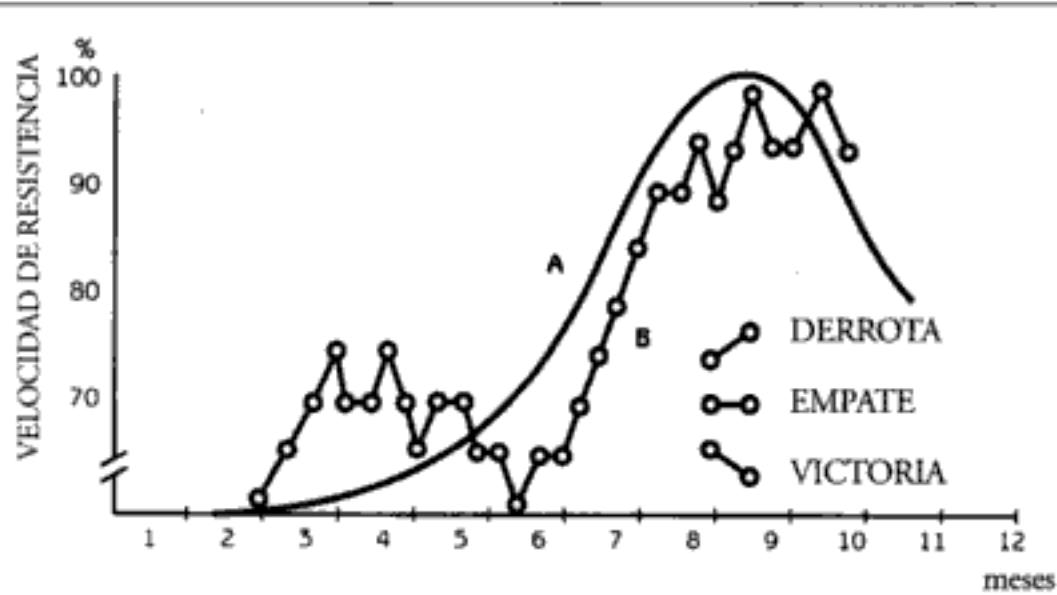


Figura 13.14 Caracterización de la actividad de competición de un equipo de fútbol de primera división. A. dinámica del nivel de resistencia de velocidad; B. resultados de los partidos oficiales.

dependen del reglamento que estipula la duración de la competición, sus diferentes períodos, partes, rondas y las pausas entre ellos, así como de las dimensiones de la zona de juego, las particularidades del régimen de trabajo del organismo, la interrelación de la duración de las acciones intensas y menos activas, las posibilidades de desarrollar los procesos de establecimiento en el transcurso de la competición, etc.

Por ello, si bien la capacidad especial de trabajo del deportista en estas condiciones depende por completo de la potencia del mecanismo aeróbico de aporte de energía, la velocidad de las acciones técnicas y tácticas depende de diferentes factores. Así, en el voleibol juega un papel decisivo la resistencia de velocidad-fuerza (de salto); en el tenis, lo hace la fuerza explosiva y la potencia anaeróbica máxima; en los deportes de equipo con terrenos de juego de mayores dimensiones la resistencia de velocidad, la potencia anaeróbica máxima y la fuerza explosiva; en la lucha olímpica, la fuerza máxima y explosiva y la resistencia de fuerza y velocidad; en la esgrima, la velocidad de reacción y la resistencia dinámica y estática; en el boxeo, la resistencia de cara a la frecuencia y rapidez de los movimientos y la fuerza explosiva, etc.

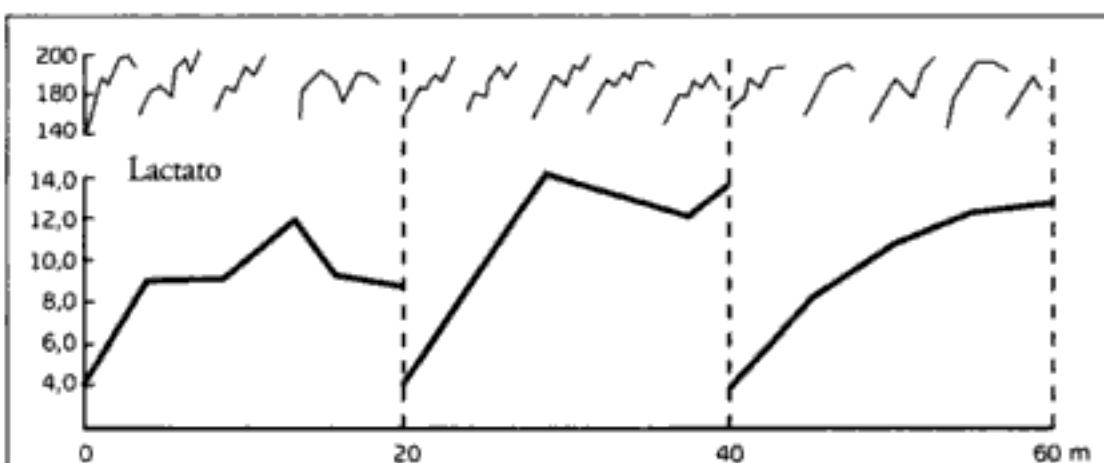


Figura 13.15 Frecuencia cardíaca y concentración de lactato en la sangre de los jugadores de hockey suecos durante su encuentro con el equipo soviético el 29 de marzo de 1974 (datos de A. Forsberg *et al.*, 1974).

Una especial influencia ejerce en el perfeccionamiento de la capacidad especial de trabajo de los deportistas su rol, esto es, el papel funcional que desempeñan en el equipo. Así, en el baloncesto se encuentran significativas diferencias en la forma específica de capacidad de trabajo de pashadores, tiradores y defensas, en el fútbol entre delanteros, defensas y centrocampistas, y en el voleibol entre atacantes y defensores.

Conviene, no obstante, señalar que las particularidades específicas de la capacidad especial de trabajo se forman bajo la influencia del rol; pero, este rol viene determinado por las propiedades psicofisiológicas de los deportistas. La evidencia más convincente de esto último puede observarse en la manera individual de afrontar el combate en el boxeo y la lucha, la cual depende de las propiedades particulares, los signos morfológicos y las circunstancias de la preparación física especial del deportista. Así, en el boxeo existen «noqueadores», jugadores y temporizadores, y en la lucha hay atletas que se basan en el juego, la fuerza o el tiempo para afrontar el combate.

Así pues, es necesario tener en cuenta los factores hasta aquí analizados que determinan la velocidad de las acciones técnicas y tácticas y los desplazamientos de los deportistas, para organizar el proceso de entrenamiento y, en particular, formular las tareas y la programación de la preparación especial en fuerza. En relación con ello es importante prestar atención a lo siguiente.

Cuando el mecanismo PC adquiere una importancia decisiva para el aporte de velocidad a los movimientos (desplazamientos) del deportista, el régimen intermitente de trabajo exige la incorporación de la fuente glucolítica de suministro de energía. Por ello, a pesar de las pausas en el proceso de la actividad de competición y la eficacia de los procesos de restablecimiento, el resultado es un constante aumento de la concentración de lactato en la sangre. Así, en los jugadores de hockey se aprecia un aumento de la concentración de lactato en la sangre en el transcurso de cada período (Fig. 13.15) que crece con cada salida al hielo (lo que atestigua la dinámica de la FCC). En el tenis, a raíz de los breves intercambios

de pelota y las pausas relativamente largas entre ellos, el mecanismo glucolítico casi no entra en acción, mientras que en el boxeo y la lucha la acumulación de lactato en la sangre es bastante importante.

De este modo, la conservación de una alta velocidad en condiciones de régimen intermitente, junto con la preparación del sistema cardiovascular exige la adaptación de los músculos a la utilización de oxígeno y a un elevado intercambio aeróbico de energía. Esto último conduce a una menor participación de la fuente glucolítica y se alcanza con un entrenamiento especial.

Se trata de una tendencia fácil de explicar. Los deportistas que logran buenos resultados, por norma, aumentan bruscamente la intensidad del entrenamiento sin tener en cuenta el nivel de preparación funcional del organismo. En lo tocante a los futbolistas, hay que buscar la causa en la insuficiente atención a la preparación física especial debida a la pasión por las formas lúdicas de entrenamiento y, sobre todo, en la prematura e inadmisible abultada utilización de cargas de alta intensidad. Como resultado se muestran insuficientemente preparados para las cargas intensas durante el período de competición.

De ahí que el desarrollo planificado de la resistencia especial, que establece la preparación equilibrada del sistema cardiovascular y el perfeccionamiento de la capacidad de los músculos para el intercambio aeróbico de energía como condición para el aumento de las capacidades de velocidad, sea la tarea más importante de la preparación física (y, por tanto, de fuerza) especial en las modalidades deportivas con régimen intermitente.

Son interesantes en este sentido los datos comparativos de la investigación realizada en futbolistas alemanes de las primeras y segundas ligas federales y atletas —de medio fondo— miembros de la selección nacional y de los clubs regionales (N. Dichkhut, 1984). Son evidentes las diferencias de estos grupos en la velocidad de carrera y en la frecuencia cardíaca dentro del umbral anaeróbico por el consumo relativo de oxígeno y por la concentración de lactato cuando la carga es máxima (Fig. 13.16 y 13.17).

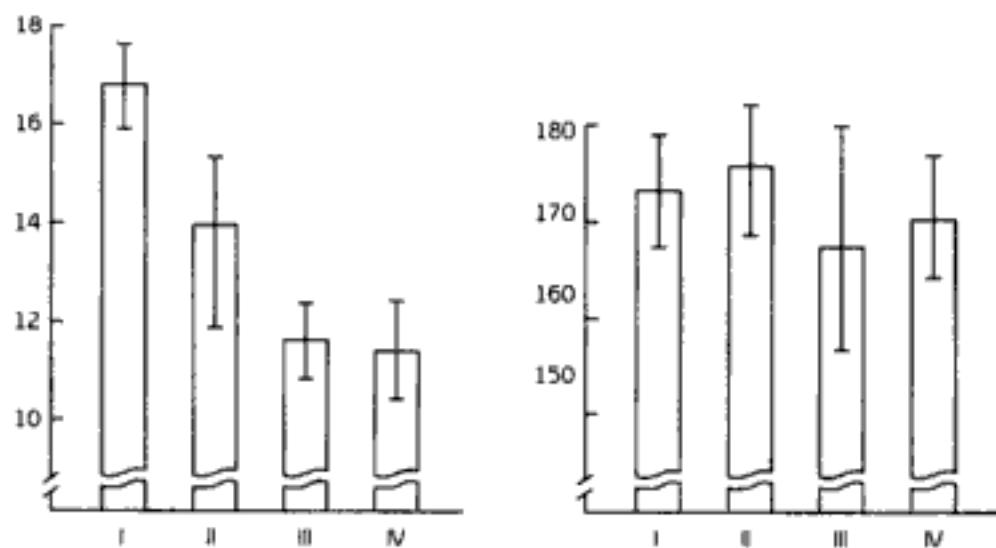


Figura 13. 16 Velocidad de carrera y frecuencia cardíaca en el umbral anaeróbico de los corredores (I-nacional; II- de club) y de los futbolistas (III-primera división y IV-segunda división).

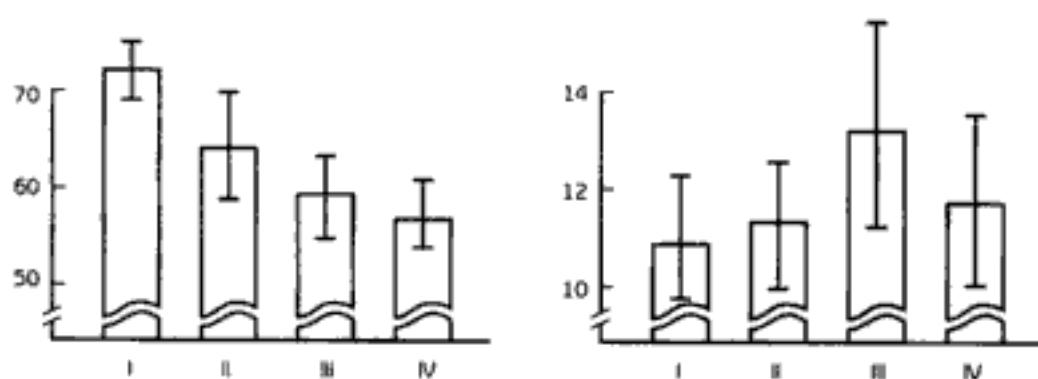


Figura 13. 17 Consumo de oxígeno relativo y concentración de lactato en el caso de carga máxima.

Es más evidente la diferencia de su preparación en el caso de una carga gradual: carrera en tapiz rodante, comenzando en seis kilómetros por hora y aumentando la velocidad, cada tres minutos en 2 km/h hasta el momento de una fatiga subjetiva (Fig. 13.18).

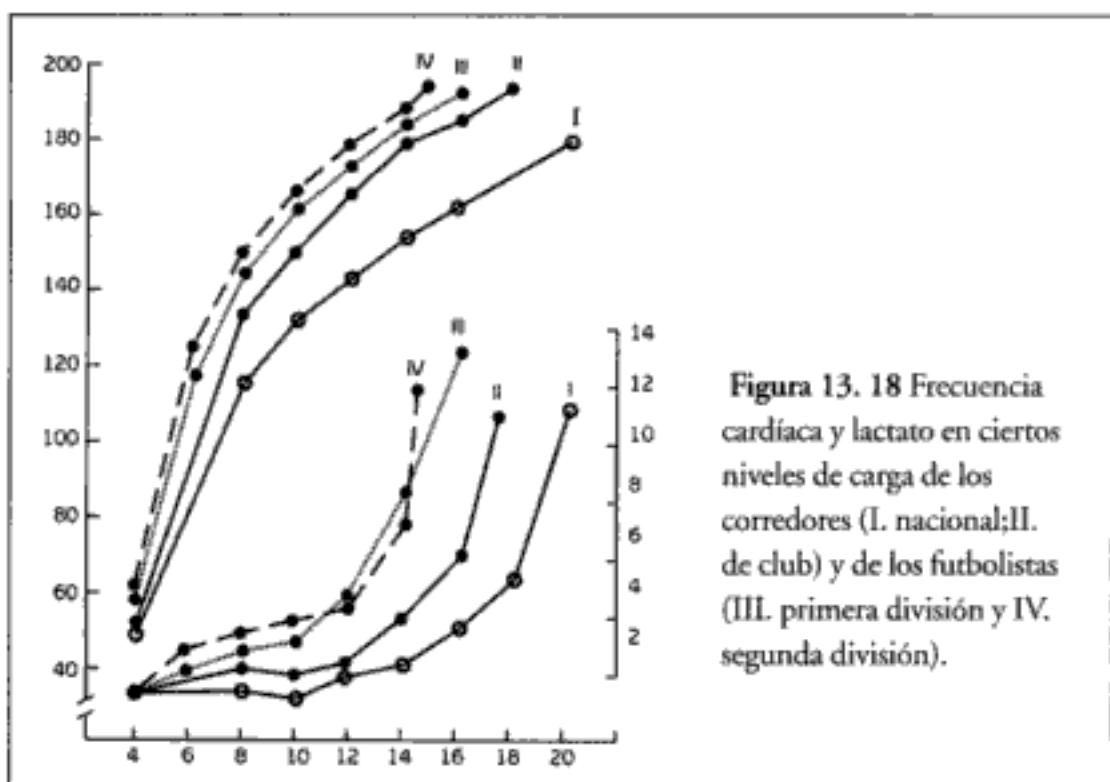


Figura 13.18 Frecuencia cardíaca y lactato en ciertos niveles de carga de los corredores (I. nacional; II. de club) y de los futbolistas (III. primera división y IV. segunda división).

Observamos que el volumen del corazón, el ritmo cardíaco (frecuencia), su variación y el índice de estrés del miocardio de los deportistas de alto nivel en las modalidades de juegos deportivos no poseen, como media, las diferencias de los índices de los que representan a las modalidades cíclicas. Esto mismo se refiere a la amplitud de los ciclos oscilatorios sistólico y diastólico, a su duración y al valor del índice de fuerza. Esto explica por qué la capacidad de trabajo más alta de los corredores durante los testsen ocasional una mejor adaptación de sus músculos a un alto intercambio aeróbico. Los músculos de los futbolistas que poseen un menor capacidad acumulan con mayor intensidad lactato a velocidades más bajas. El aumento de la concentración en la sangre conllevará una fatiga más rápida y una disminución de la capacidad de la velocidad. El entrenamiento en las modalidades con un régimen intermitente de trabajo contribuirá a hipertrofia del miocardio y al aumento del volumen del corazón. Pero las investigaciones clínicas han probado que en las modalidades deportivas de régimen intermitente son comunes los casos en los que

la intensidad de la carga de entrenamiento no corresponde al nivel de preparación de los deportistas, ocurriendo sobrecargas físicas crónicas que conllevaron unos cambios distroficos del miocardio.

A vueltas con la «rapidez» y la «velocidad»

Así pues, tiene sentido volver ahora a los conceptos de «rapidez» y «velocidad» para, teniendo en mente el material estudiado hasta el momento, precisar lo común y lo principal de sus diferencias, algo muy importante para la programación del proceso de entrenamiento y la elaboración de la metodología de preparación física especial de los deportistas.

En primer lugar, la rapidez y la velocidad dependen y están limitadas por diversos factores fisiológicos, lo cual exige diferentes medios y métodos para su desarrollo.

En segundo lugar, cuanto más estrechamente relacionadas estén entre ellas la rapidez y la velocidad, menor será la resistencia externa superada en el movimiento, más sencillo será organizar la acción motora y menor la intensidad y el tiempo del trabajo. Con el aumento de la resistencia externa, la complicación del sistema de movimientos y el incremento de la intensidad y duración del trabajo, la relación entre ellas se debilitará.

En tercer lugar, la velocidad de movimientos (desplazamientos), a diferencia de la rapidez, es ilimitada en su desarrollo. Si bien el aumento de la rapidez se reduce a la realización de un máximo individual genéticamente predeterminado, las reservas para el aumento de la velocidad son prácticamente inagotables, por lo cual las posibilidades humanas de desarrollar la fuerza y la resistencia, así como de perfeccionar la coordinación de los movimientos, son ilimitadas.

De este modo, la rapidez y la velocidad *son manifestaciones diferentes de la función motora del hombre*.

La rapidez es la propiedad general del sistema central nervioso que se muestra de forma plena en el período latente de la reacción motora y el tiem-

Hidden page

Hidden page

gético (Fig. 13.19), lo cual está relacionado con el refuerzo de la implicación de las reacciones anaeróbicas en la energética general del trabajo. En otras palabras, cuanto mayor sea el nivel de las posibilidades de velocidad del deportista, más caro le resultará el subsiguiente crecimiento de la velocidad de desplazamiento.

De ello se desprende que al nivel de maestría deportiva superior, el factor fundamental que determina el progreso de los logros del atleta es el aumento de la potencia y capacidad de las fuentes de aporte de energía del trabajo muscular. En la práctica, este aumento puede cumplirse de forma eficaz en gran medida mediante los medios de la preparación física especial.

14

Actividad postural

229

En su sentido más amplio puede definirse la actividad postural como la capacidad de reproducir (reconstruir) la posición exigida del cuerpo en el espacio o conservar su estabilidad en el transcurso del tiempo necesario. Aquí la tarea se reduce a fin de cuentas a mantener la proyección del centro de gravedad corporal dentro de unos límites de espacio de apoyo y está relacionada con la fijación de las articulaciones sobre las que actúan los momentos de fuerza del peso del cuerpo.

En la actividad deportiva el mantenimiento de la postura está con frecuencia relacionado con el equilibrio o superación de importantes fuerzas externas, por ejemplo, fijar la pesa levantada con los brazos extendidos en la arrancada o el levantamiento en dos tiempos, mantener el equilibrio en la ejecución de ejercicios por parejas o en grupo en las acrobacias deportivas y la conservación de la estabilidad postural de los luchadores y otras situaciones de combate.

El mantenimiento de una postura constante es sólo un caso particular de la actividad postural de los músculos. En el proceso de la actividad deportiva con frecuencia se producen cambios de postura, transiciones de movimiento a una u otra postura, o viceversa. Todo movimiento empieza a partir de una pose determinada y concluye con el tránsito o llegada a una nueva pose. Cada uno de estos casos presenta sus propias exigencias de situación de salida, condiciones previas al momento de fijación de la postura, distribución de la actividad postural de los músculos y conservación (restablecimiento) del equilibrio del cuerpo.

Formas de actividad postural

La postura, a pesar de la aparente ausencia de movimiento, no es un elemento pasivo de la acción deportiva. Exige buena expresividad exterior, también una considerable tensión muscular o bien la capacidad de mantenerla de forma prolongada. De ahí que puedan distinguirse como mínimo cinco formas de actividad postural.

- 230
- ***Expresividad postural***, como índice de la técnica y estética de la ejecución de elementos estáticos en las modalidades deportivas en que la tarea motora está relacionada con criterios estéticos (por ejemplo, en la gimnasia rítmica o deportiva o en el patinaje artístico).
 - ***Estabilidad postural***, caracterizada por la capacidad de conservar la exigida situación estática del cuerpo en el espacio, las más cómoda o la que determinen las condiciones de ejecución de la acción deportiva (por ejemplo, en el tiro con arma de fuego, las acrobacias deportivas, la halterofilia o la vela).
 - ***Estabilidad estático-cinemática***, que caracteriza la capacidad del hombre de conservar la estabilidad de la orientación espacial y la función de equilibrio ante las diversas interacciones externas que surgen con los desplazamientos en el espacio (por ejemplo, en la gimnasia rítmica, la acrobática o el esquí alpino).
 - ***Preparación postural***, aquella posición del cuerpo que de mejor manera prepara el aparato locomotor para la ejecución del elemento fundamental de la acción motora (por ejemplo, la posición de salida en las carreras o la natación, la postura previa a la impulsión en el salto de esquí con trampolín o la guardia de la esgrima).
 - ***Resistencia postural***, que caracteriza la capacidad de conservar de forma prolongada la situación del cuerpo en la ejecución del ejercicio deportivo (por ejemplo, la pose de los patinadores, esquiadores y tiradores con arma de fuego).

Todas las formas de actividad postural vienen determinadas por la estabilidad estática y dinámica del cuerpo. La primera depende en gran

medida de factores de carácter biomecánico (la altura de la ubicación del centro de gravedad del cuerpo y su lugar de proyección dentro de las fronteras del campo de equilibrio). La segunda depende sólo del grado de perfección de la práctica de conservación de una postura dada.

Mecanismo fisiológico de la actividad postural

El mantenimiento de una postura activa se presenta como resultado de un complejo mecanismo regulador que trabaja por el principio de constantes correcciones de las reacciones motoras de los músculos. Esta corrección se realiza gracias a los impulsos aferentes que proceden de los sistemas analizadores del organismo.

El papel protagonista en la regulación y conservación del equilibrio en la postura vertical corresponde al pie y a la actividad de los músculos de la rodilla para abajo que son los principales encargados de llevar a cabo la corrección de las alteraciones del equilibrio.

El pie presenta una enorme superficie receptora y es un eslabón bastante complejo en cuanto a estructura de la pierna del hombre. Esta complejidad reside en la abundancia de huesos, afianzados por multitud de ligamentos en forma de arco. Los ligamentos y la piel del pie están repletos de receptores, y la estructura en arcos que aligera la recepción de cargas constantemente variables crea las premisas para que reaccionen con gran precisión. Dado que el pie es precisamente la parte del aparato locomotor a través de la cual el hombre interactúa con el medio externo en la posición vertical (ortogonal) del cuerpo, la información de los numerosos propiorreceptores repartidos por él es la más precisa y diferenciada.

En el complejo sistema de regulación del equilibrio del cuerpo el papel de los mecanismos aferentes es diverso. Los analizadores vestibulares y visuales participan en la regulación de la postura, aunque sus parámetros funcionales no pueden suministrar la sensibilidad y rapidez de actuación necesarias para ello. Es por ello que el papel fundamental en el

Hidden page

Hidden page

postura cercana a la posición óptima de los tiradores cualificados era considerablemente estándar. Sin embargo, al reproducir otra postura no encontrada en su práctica deportiva no presentaron ninguna superioridad en comparación con los examinados no entrenados.

Particularidades del perfeccionamiento de la actividad postural

234

La coordinación neuromuscular y su aporte energético durante la actividad postural y la adquisición de equilibrio, al igual que durante las acciones deportivas, se perfecciona con una determinada sucesión en el tiempo.

Por ejemplo, en la etapa preparatoria especial de los boxeadores se perfecciona ante todo los mecanismos del equilibrio sagital, lo cual está relacionado con la existencia en la práctica del boxeo de una gran cantidad de desplazamientos predorsales. El perfeccionamiento de un equilibrio estable en posición invertida de los gimnastas se produce con mayor rapidez si al principio se presta atención a la preparación física y después a la ejecución de ejercicios en equilibrio. La sucesión inversa conduce a resultados más bajos en los índices de técnica, seguridad y estabilidad de la ejecución de la posición invertida.

Para el perfeccionamiento de la actividad postural en sus diversas formas de manifestación tiene una gran importancia la preparación especial en fuerza. Por ejemplo, está demostrado que en la gimnasia deportiva el perfeccionamiento de la función del equilibrio viene garantizado por el desarrollo de la fuerza de las piernas y la resistencia estática. El desarrollo de la fuerza isométrica y la fuerza resistencia estática de los músculos de los hombros, el tronco y los flexores de las manos aumenta la solidez y estabilidad de la postura del deportista, lo cual permite mejorar el resultado del tiro con arco.

La preparación física especial desempeña un papel particularmente importante en el perfeccionamiento de la actividad postural en la lucha

Hidden page

Parte 4

237

CAPACIDADES MOTORAS DEL HOMBRE

Las capacidades motrices (CM) son las propiedades psicomotrices que garantizan la efectividad de trabajo de la actividad muscular humana y determinan sus características cualitativas.

En la base de las CM se encuentran las disposiciones genéticas, es decir, las particularidades anatómicas, fisiológicas y psíquicas genéticamente propias de la persona que satisfacen las necesidades de su actividad hasta el punto en que las exigencias que surgen de sus condiciones superan las fronteras de sus posibilidades. En cuanto esto sucede, las disposiciones, desarrolladas según los cambios adaptativos del organismo, crecen en correspondencia con las CM. Dominando estas capacidades, la persona puede resolver con éxito las tareas motoras en condiciones más complejas y con mayor eficacia que antes.

Las disposiciones motrices congénitas pueden desarrollarse en una u otra dirección en función de las condiciones de la actividad deportiva, de forma que se asegure la formación y perfeccionamiento de formas específicas de CM. Estas formas pueden ser tantas como modalidades deportivas existan, puesto que cada una de ellas presenta su propia estructura y

orientación final de los movimientos, coordinación muscular, régimen de trabajo del organismo y modo de aporte de energía.

De ahí que sea inútil buscar en el organismo ciertos mecanismos extraordinarios responsables, digamos, sólo de la fuerza, la resistencia o la velocidad de movimientos, como a menudo se presentaba en las antiguas concepciones de las llamadas «cualidades físicas» del hombre, hasta ahora ampliamente distribuidas entre los teóricos de la antigua Unión Soviética y otros países. Esta concepción afirma la existencia separada y la relativa independencia de las «cualidades físicas» (fuerza, velocidad, resistencia, flexibilidad, agilidad y otras) y la posibilidad de unificarlas en determinadas combinaciones (N. Ozolin, 1970; L. Matveev, 1977; V. Platonov, 1987; T. Zheliazkov, 1988; D. Harre, 1971, 1978; G. Schnabel et al., 1994; T. Bompa, 1985; y otros).

Se considera que cada modalidad deportiva se caracteriza no por cierta «cualidad», sino por una composición especial y propia del ejercicio dado y la interrelación de muchas «cualidades». Como resultado de su combinación aparecen nuevas (complejas, integrales, híbridas, sintéticas, compuestas, secundarias, etc.) «cualidades». La fuerza explosiva, por ejemplo, se presenta como la integración de fuerza y velocidad; la agilidad motora es un compuesto de fuerza, resistencia y coordinación; la resistencia de velocidad es la combinación de velocidad y resistencia, etc. Se recomendaba desarrollar por separado cada una de estas «cualidades» y después «integrarlas» en el ejercicio de competición («entrenamiento integral», según N. Ozolin, 1970, y V. Platonov, 1987).

A pesar de la amplia aceptación de la hipótesis de la integración de las «cualidades físicas», el mecanismo fisiológico real de este fenómeno se presentaba de forma muy indefinida y los intentos de explicarlo conducían a imprecisos razonamientos especulativos.

A la luz de las actuales concepciones basadas en los logros de la fisiología de la actividad muscular, en la base de la formación y perfeccionamiento de las capacidades motrices del hombre se encuentra la *reacción integral adaptativa del organismo*, que abarca todos sus órganos y siste-

mas (N. Yakovlev, 1970, 1983; Y. Verkhoshansky, 1970, 1985, 1988; F. Meierson, 1978; A. Viru, 1981, 1995; G. Kassil y otros, 1982). *La orientación funcional de esta reacción viene determinada por las condiciones de la actividad deportiva concreta y se expresa a fin de cuentas en la formación de una forma especializada de capacidad de trabajo del deportista.*

Por ello no procede tratar de las capacidades motrices en general, sino *en concreto*, teniendo en cuenta su contribución a la resolución de tareas motrices *concretas* en las condiciones de una actividad deportiva *concreta*.

15

241

Formas generales de las capacidades motoras del deportista

Recordemos que son características de la actividad deportiva las acciones estáticas y dinámicas. En función de las condiciones en que se ejecutan, el entrenamiento sistemático activa el proceso de especialización morfológica del organismo en la dirección del desarrollo prioritario de la rapidez de realización de la tarea motriz, la velocidad de movimientos (desplazamientos) del deportista o la actividad postural.

Durante el proceso de especialización morfológica en estas direcciones se forman y desarrollan cuatro formas generales de capacidades motoras (Fig. 15.1):

- *operatividad motora*, la capacidad que determina la duración mínima (rapidez) de realización de la acción motora o sus elementos en ausencia de una significativa resistencia externa al movimiento;
- *capacidades de coordinación*, que caracterizan la posibilidad del deportista de resolver con eficacia la tarea motora gracias a una organización racional de los esfuerzos musculares;
- *capacidades de fuerza*, que caracterizan la posibilidad del deportista de manifestar esfuerzos de trabajo (motores) para superar significativas resistencias externas;

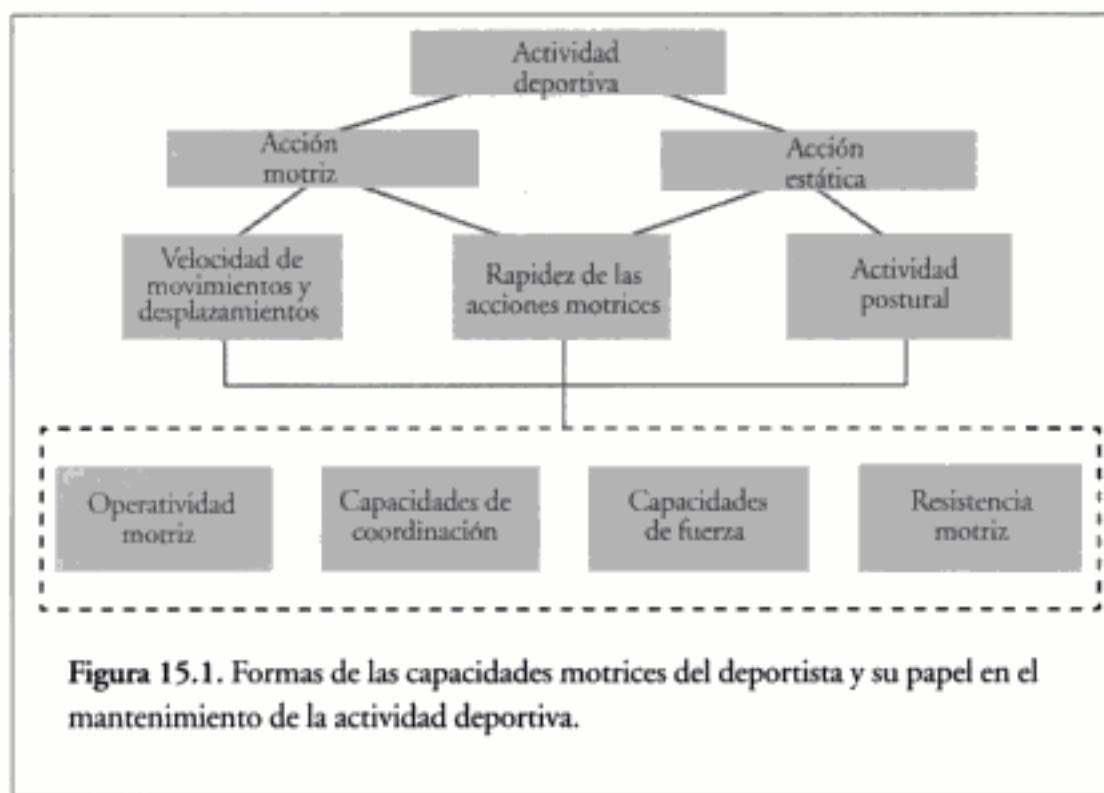


Figura 15.1. Formas de las capacidades motrices del deportista y su papel en el mantenimiento de la actividad deportiva.

- **resistencia**, la capacidad de ejecutar un trabajo muscular de forma prolongada con su necesario nivel de eficacia.

Durante el proceso de entrenamiento a largo plazo estas formas de las capacidades motrices adquieren un acusado carácter especializado, correspondiente a las exigencias de la especificidad motora concreta de la modalidad deportiva en cuestión (por ejemplo, la capacidad para manifestar potentes esfuerzos explosivos, la capacidad para coordinar con eficacia los movimientos en condiciones de significativa resistencia externa, la capacidad para ejecutar de forma repetida acciones de velocidad o esfuerzos de fuerza, etc.).

Sin embargo, hay que subrayar que ello no es producto de una «síntesis» de ciertas «cualidades físicas» previas sino que *es el resultado de la especialización morfolfuncional del organismo, la expresión externa de su reacción adaptativa al régimen específico de movimientos de una actividad deportiva concreta*.

Hidden page

16

Capacidades de coordinación

245

La coordinación es *la capacidad de regular las fuerzas externas e internas presentes en la resolución de la tarea motora, para lograr el resultado exigido en el aprovechamiento eficaz del potencial motor del deportista.*

Los criterios para valorar la capacidad de coordinación pueden expresarse en la habilidad de:

- *organizar racionalmente* los movimientos y esfuerzos en el espacio y en el tiempo de acuerdo con su orientación final;
- *reproducir repetidamente* los movimientos, conservando su estructura mental y dinámica;
- *reorganizar los movimientos*, variando o conservando su orientación final.

El primer caso puede expresarse como la habilidad para resolver de forma rápida y eficaz la aparición de una tarea motora nueva o inesperada, ejecutar el movimiento de acuerdo con la forma planteada, reproducir (copiar) correctamente un movimiento enseñado o resolver de forma creativa la tarea motora.

El segundo caso podría contemplarse como la habilidad de reproducir de forma estereotipada el movimiento con el mismo efecto de trabajo en cada sucesiva ejecución, «recordar» y reproducir una vez un movi-

miento visto o ejecutado, resolver la misma tarea motora pero con un cambio del carácter de los movimientos (por ejemplo, a diferente velocidad, cambiando la amplitud o la trayectoria del movimiento), o ejecutar correctamente un movimiento frente a un cambio de las condiciones externas (por ejemplo, en otra postura, en condiciones de tiempo limitado o cansancio).

En el tercer caso puede expresarse como la habilidad de encontrar con rapidez una nueva solución a una situación alterada, dominar un elemento nuevo y más complejo e incluirlo en el movimiento u «olvidar» un movimiento anterior y ejecutar con seguridad su nueva variante.

Factores psicofisiológicos que determinan la capacidad de coordinación

La capacidad para coordinar los movimientos viene determinada por una serie de factores psicofisiológicos. Todos ellos han sido presentados de forma suficientemente extensa en la literatura especializada, por lo cual aquí nos limitaremos a describir brevemente aquellos que presentan una relación directa con las condiciones de la actividad deportiva.

Representación mental del movimiento ejecutado

Es conocido que el movimiento se ejecuta según se representa en la mente. Por ello, la capacidad para coordinar los movimientos está relacionada en gran medida con la comprensión de la tarea motora, la representación mental de un plan general y su modo concreto de resolución, así como con la correspondiente disposición motora.

En la psicología del deporte, la coordinación se relaciona con la precisión en la percepción y análisis de los propios movimientos, la presencia de modos suficientemente determinados de situar y mover en el tiempo y el espacio el propio cuerpo y sus diferentes eslabones, sus relaciones con el espacio que le rodea. La valoración objetiva del medio de resolución de

Hidden page

tado. Si la carga es baja, esta sensibilidad tiende a aumentar, mientras que si es grande se reduce. Al día siguiente de entrenar con una carga pequeña no se observa ningún cambio en la sensibilidad propioceptora. Después de entrenar con una carga media se distingue un aumento, mientras que después de hacerlo con una carga grande se aprecia una reducción de la sensibilidad propioceptiva.

Memoria motora

248

En la capacidad de coordinar los movimientos juega un papel importante la *memoria motora*, es decir, la propiedad del sistema nervioso central de recordar movimientos y reproducirlos cuando sea necesario.

La memoria motora conserva una enorme cantidad de coordinaciones muy simples y de prácticas más complejas adquiridas por la experiencia, a partir de las cuales, por lo general, se construyen las nuevas acciones motoras.

Cuanto mayor sea la reserva de prácticas motoras elementales que posee el individuo, cuanto mayor sea su experiencia previa, más sencillo le será resolver las tareas complejas de coordinación y mayor será su capacidad de coordinar. Por ejemplo, los luchadores de alta cualificación ejecutan ejercicios no específicos de compleja coordinación con mayor precisión y dominan los movimientos nuevos para ellos con mayor rapidez que los deportistas menos cualificados.

Relajación de los músculos

La coordinación en condiciones de actividad deportiva depende en gran medida de la capacidad de *relajar los músculos* de forma activa.

Al ser un elemento presente en cualquier movimiento, la relajación se presenta como una parte integrante de la práctica motriz, para cuyo dominio se exige un entrenamiento bastante largo orientado a ese fin. Es por ello que la mayoría de personas que no poseen una preparación especial presentan una insuficiente capacidad de relajación y que en los de-

portistas esta capacidad es infinitamente superior que en los que no lo son.

Las características de la relajación muscular dependen de una serie de causas: la velocidad (ritmo) de movimientos, la intensidad del trabajo, el grado de dominio de la práctica, etc. El aumento de la velocidad (ritmo, frecuencia) de los movimientos conduce a una reducción de la plenitud de la relajación, incluso hasta el paso de los músculos a un estado permanente de contracción. Con el aumento de la intensidad del trabajo empeoran las características de la relajación.

Existen dos formas de relajación de los músculos características de la actividad deportiva.

Una de ellas puede definirse como *la habilidad de no someter a esfuerzo a los grupos musculares que no participan en la ejecución de los esfuerzos de trabajo*, lo cual conduce a un entorpecimiento de los movimientos y a una reducción de su eficacia. Por ejemplo, los esfuerzos superfluos de los músculos de los hombros en la carrera de velocidad (de atletismo o de patinaje) reducen la capacidad de trabajo de los músculos de las piernas, tanto más acusadamente cuanto mayor es la velocidad y el esfuerzo de los músculos.

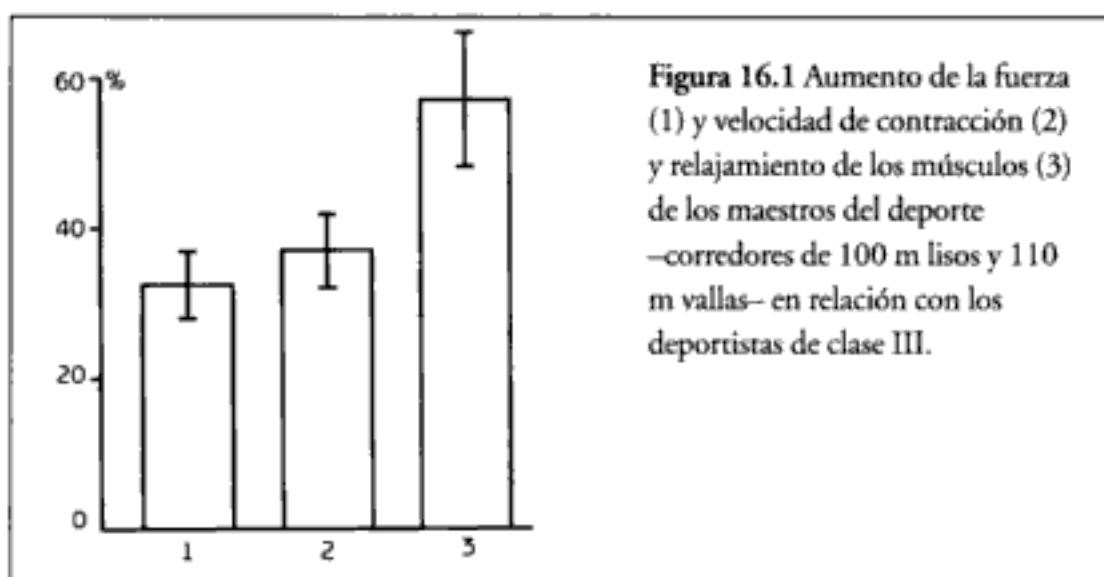
La otra forma se caracteriza por *la capacidad de relajar los músculos inmediatamente después de su esfuerzo de trabajo*. Aquí son posibles dos casos de actividad posterior de los músculos. La incorporación al trabajo de otros grupos musculares o la ejecución repetida de los esfuerzos de trabajo con esos mismos grupos.

El primer caso es típico de los desplazamientos acíclicos. Por ejemplo, la ejecución de la flexión después de completar la arrancada o el levantamiento de pesas en dos tiempos se caracteriza por un paso instantáneo de los músculos extensores del cuerpo de un estado de tensión extrema a uno de relajación total. En ese momento se activan los grupos musculares que garantizan un rápido tránsito del atleta a la flexión, y después se incorporan de nuevo los extensores del cuerpo, para generar un apoyo firme para la pesa al final de la flexión.

En el segundo caso –típico de los desplazamientos cílicos– se produce una alternancia de esfuerzo intenso y de relajación de los mismos grupos musculares. En este caso, el factor fisiológico más importante que determina y limita la capacidad especial de trabajo y la maestría técnica de los atletas de alto nivel es la velocidad de relajación de los músculos. Por ejemplo, el aumento de la maestría de los corredores de 100 m lisos y 110 m vallas de nivel intermedio depende sobre todo de un incremento claro de las propiedades contráctiles de los músculos, mientras que en los niveles más altos de maestría lo básico es aumentar (en un 39,9%) su velocidad de relajación.

El aumento de la fuerza, la velocidad de contracción y relajación de los músculos en los deportistas de alto nivel de maestría es del 32,2, 37,2 y 57,6%, respectivamente (Fig. 16.1). En carreras de velocidad de mayor distancia (400 m y 400 m vallas), donde el nivel de fuerza resistencia y velocidad ejerce una mayor influencia en el resultado deportivo, el factor clave que determina y reglamenta la mejora de los resultados deportivos es la velocidad de relajación de los músculos. En este caso, el aumento de la velocidad de contracción, la fuerza máxima y la velocidad de relajación de los músculos de los deportistas de alto nivel en comparación con los deportistas novatos es del 39,8, 54,6 y 94,7%, respectivamente (Fig. 16.2).

En los corredores de fondo la capacidad de relajar los músculos es también un índice de maestría.



Hidden page

mientos como los esfuerzos que provocan y organizan estos movimientos.

Pueden distinguirse las siguientes formas específicas de capacidades de coordinación propias de los deportistas:

- capacidad de coordinar los movimientos en condiciones de superación de una gran resistencia externa (por ejemplo, al levantar cargas pesadas en los ejercicios de halterofilia);
- capacidad de coordinar los movimientos al ejecutar acciones motoras complejas a una alta velocidad de desplazamiento (por ejemplo, las carreras de esprint y de vallas o los saltos en el patinaje artístico);
- capacidad de conservar la coordinación de los movimientos en condiciones de cansancio creciente (por ejemplo, en las modalidades deportivas cílicas y de equipo);
- capacidad de conservar la coordinación de los movimientos frente a la interacción de factores obstrutores externos (por ejemplo, en los deportes de equipo o las artes marciales).

Es importante ser conscientes de que en la actividad deportiva las capacidades de coordinación pueden ser aprovechadas con eficacia sólo si se dan ciertas condiciones:

- perfeccionamiento funcional de los mecanismos corporales de movimiento en correspondencia con su papel en la ejecución del ejercicio deportivo;
- aumento de la potencia y capacidad de las fuentes de aporte de energía para el trabajo de los músculos.

De ahí que sea fácil concluir que *estas condiciones pueden ser garantizadas eficazmente sobre todo gracias a los medios de la preparación especial en fuerza*.

17

253

Capacidades de fuerza

Las capacidades de fuerza que se manifiestan directamente en los esfuerzos físicos (motrices) de magnitud dependen de la reacción integral del organismo que incluye la movilización de las cualidades y funciones psíquicas de todos sus sistemas fisiológicos. Por ello *no hay que reducir las manifestaciones de fuerza del deportista a un concepto utilitario de «fuerza de los músculos»*, es decir, sólo a las características mecánicas de sus propiedades contráctiles.

Además de ello, hay que tener en cuenta lo siguiente.

En primer lugar, la fuerza muscular, al ser un componente dinámico de cualquier movimiento deportivo, puede tener diversas características cualitativas en función de su velocidad, la resistencia externa y la duración del trabajo.

En segundo lugar, en condiciones de actividad deportiva el efecto de trabajo de los movimientos viene determinado tanto por la magnitud del esfuerzo máximo desarrollado como por el tiempo consumido para ello. Ésta es una de las características más importantes de los movimientos deportivos. Es por ello que el principal criterio de valoración de las capacidades de fuerza del deportista debe incluir no sólo el máximo de esfuerzo de trabajo de los músculos de que es capaz en condiciones isométricas, sino ante todo *la magnitud de la potencia del esfuerzo de trabajo desarrollado en un régimen dinámico contra cierta resistencia (carga) externa*.

El esfuerzo de trabajo en condiciones de actividad deportiva puede manifestarse de forma aislada, repetida, en trabajo cíclico o intermitente, a velocidades de movimiento altas o lentas, y en diferentes estados musculares previos al trabajo: relajado o en tensión. Junto a ello caben diversos regímenes de trabajo de los músculos: dinámico (de superación o de cesión), isométrico y las múltiples formas de régimen compuesto.

En función de la presencia principal de uno u otro de los factores enumerados arriba se desarrollan unas u otras formas de las capacidades de fuerza de los deportistas.

Ahora nos centraremos en las consideraciones de la fisiología y la bioquímica, que tienen una gran importancia tanto para comprender el papel de las capacidades de fuerza en la realización de los movimientos deportivos como para elaborar el programa de entrenamiento y por tanto la organización de la preparación especial en fuerza.

Factores que determinan la manifestación y desarrollo de las capacidades de fuerza

Las capacidades de fuerza y su desarrollo están condicionadas como mínimo por cuatro grupos de factores:

- *nerviosos centrales*, que organizan las influencias de excitación en las motoneuronas y regulan el orden de incorporación al trabajo de los músculos y su coordinación;
- *periféricos*, que determinan el estado funcional actual de los músculos, así como las características cualitativas de sus propiedades contráctiles, oxidativas y elásticas;
- *energéticos*, que determinan la magnitud, duración y capacidad de reproducción repetida del efecto mecánico de la contracción de los músculos.
- *hormonales*, que regulan la necesidad de aporte energético efectivo en la contracción muscular y que activan la síntesis de proteínas y el desarrollo de los procesos plásticos.

Hidden page

tigabilidad de las unidades motoras de bajo umbral. El sistema nervioso central puede regular la secuencia de incorporación de las unidades motoras; por lo tanto, puede incorporar las fibras rápidas en el caso de los movimientos rápidos y potentes, ya que los umbrales de reclutamiento de las motoneuronas dependen de nivel de fuerza en la contracción muscular y de la velocidad de la contracción: cuanto mayor es la velocidad, menor será la actividad en las unidades motoras.

La fisiología investiga y discute sobre la correlación, en diferentes niveles, de dos mecanismos de regulación de la fuerza de la contracción muscular: la variación de las motoneuronas reclutadas y la frecuencia de su impulso. Algunos autores llegan a la conclusión de que el crecimiento de la fuerza en la fase inicial de la contracción se realiza, sobre todo, gracias al reclutamiento y después, a medida que crece la fuerza, el papel de reclutamiento disminuye y toma el papel principal el aumento de la frecuencia de impulsos. Otros autores encuentran que las posibilidades de aumentar el nivel de esfuerzo gracias a la alteración de la frecuencia de los impulsos son mucho más bajas que si se hace a partir de reclutar unidades motoras. Por ejemplo, una persona no entrenada incorpora en la contracción muscular un 30-50% de las unidades motoras en el caso de las tensiones de la fuerza máxima; la entrenada, hasta un 80-90% (Y. Verkhoshanski, 1988). Existe la opinión de que el mecanismo de reclutamiento de las unidades motoras es usado en todo el espectro de la fuerza de la tensión muscular cuando la regulación entre los intervalos impulsores de las unidades motoras sirve de mecanismo paralelo para asegurar la adaptación a las condiciones de realización de la acción motora en régimen de contracción. En el caso de contracciones de fuertes y explosivas corta duración, desempeña un papel muy importante la sincronización de los impulsos nerviosos en el tiempo. Cuanto mayor es el número de esas sincronizaciones en los ciclos de varias unidades motoras, en inicio de la tensión muscular, más rápidamente crecerá esa tensión. La sincronización del actividad impulsora de las motoneuronas se registra partir del valor de un 20% del esfuerzo muscular máximo.

La coordinación intermuscular en las manifestaciones de fuerza se perfecciona por medio de:

- la incorporación al trabajo coordinado de un gran número de músculos;
- la limitación de la actividad de los músculos antagonistas;
- la sucesión racional de la incorporación al trabajo de los músculos de la cadena cinemática;
- el refuerzo de la actividad de los músculos que garantizan la fijación de las articulaciones en las que no se exige movimiento;
- la correspondencia de los acentos de esfuerzo en las diferentes cadenas cinemáticas;
- el aprovechamiento de las propiedades elásticas de los músculos.

257

Todo ello en su conjunto permite la formación de la estructura biodinámica de la acción deportiva y el aumento de la potencia del esfuerzo de trabajo.

Factores periféricos que influyen en la manifestación de las capacidades de fuerza

Con los factores periféricos que influyen en las capacidades de fuerza se relaciona ante todo:

- la correlación entre fibras musculares rápidas y lentas, así como
- la composición cuantitativa de los sustratos energéticos y su accesibilidad para la incorporación a los procesos metabólicos en aquellos grupos musculares que participan principalmente en el trabajo.

Las propiedades funcionales del sistema de contracción de los músculos esqueléticos (es decir, la duración de los cambios químicos y mecánicos en el sistema de contracción de las fibras musculares como resultado

del estímulo a causa del cual surge y se mantiene en él la tracción mecánica) están condicionadas en gran medida por las diferencias de magnitud y velocidad del esfuerzo desarrollado. La duración de estos cambios es diferente en las fibras rápidas y lentas y se halla en relación inversa con su velocidad de contracción.

El esfuerzo máximo (dinámico, isométrico, isocinético) moviliza todos los tipos de fibras musculares, dando preferencia a las fibras de tipo II. Tanto las fibras rápidas como las lentas participan en el desarrollo de la fuerza isométrica y su valor no está determinado por la correlación de las fibras lentas y rápidas en los músculos, sino por el número de músculos activados. Cuanto mayor sea el número de fibras lentas incorporadas en una contracción, mayor será la fuerza isométrica.

El entrenamiento de la fuerza con grandes pesos de carga y con pequeña cantidad de repeticiones moviliza un gran número de fibras musculares rápidas y, al contrario, el entrenamiento con pequeño peso de carga y un gran número de repeticiones activa tanto las fibras rápidas como las lentas. En el primer caso, se mejora el tiempo de la contracción muscular. En el caso de entrenamiento isocinético a alta velocidad se ha registrado una hipertrofia en las fibras musculares rápidas.

En el entrenamiento prolongado de la fuerza no se altera el porcentaje de distribución de fibras rápidas y lentas. Sin embargo, se aprecia un cambio en el volumen de fibras de ambos tipos y un aumento de la relación de espacio ocupado por las fibras rápidas hacia el espacio de las lentas, lo cual confirma la hipertrofia específica de las fibras rápidas. Así, la superficie específica ocupada por las fibras rápidas de los levantadores de pesas alcanza el 70%.

En conjunto, la hipertrofia de trabajo de los músculos se traduce en un aumento del volumen de las miofibrillas, es decir, del aparato de contracción de las fibras musculares propiamente dicho, el engrosamiento de las fibras del tipo II y, en parte, de su sección longitudinal. A la vez, el volumen externo de los músculos puede aumentar de forma poco im-

portante, en tanto que, por un lado, aumenta la densidad de miofibrillas en la fibra muscular y, por otro, se reduce el grosor de la capa graso-cutánea en los músculos entrenados.

Aporte energético de las capacidades de fuerza

El aporte energético de los esfuerzos de corta duración y de gran potencia se produce fundamentalmente por la vía del proceso anaeróbico aláctico. En este caso, la resíntesis del ATP dividido como resultado de la actividad muscular tan sólo puede ser aportada si se emplean las reservas internas de PC.

Sin embargo, las exigencias de aporte energético del trabajo de fuerza no se limitan tan sólo a esta fuente. El aumento de la potencia del sistema de glucogenólisis y glucólisis es característico de la adaptación a las grandes cargas de fuerza y corta duración. Así, si en los esfuerzos de fuerza máxima no superiores a 6 segundos, el lactato no se manifiesta ni en los músculos ni en la sangre; pero, en los de 30 segundos su concentración aumenta de forma significativa, lo cual da testimonio de la incorporación del mecanismo glucolítico de aporte de energía.

Hay estudios sobre halterofilia (figura 17.1) que han demostrado una importante concentración de lactato en la sangre inmediatamente después del calentamiento. Un solo levantamiento de pesas en arrancada no influye en el cambio de concentración del lactato. Después de tres levantamientos, el nivel de lactato ya es sustancialmente superior que en reposo, y permanece casi inalterado durante 5 min. De este modo, si una sola ejecución de la arrancada viene garantizada sobre todo por la potencia de los fosfatos del organismo, la ejecución triple ya activa los procesos glucolíticos.

En la modalidad en dos tiempos se observa un nivel más alto de la proporción de lactato en la sangre que en la ejecución de la arrancada. Su concentración más alta se aprecia en el primer minuto de restablecimiento y a continuación permanece a un nivel claramente superior que des-

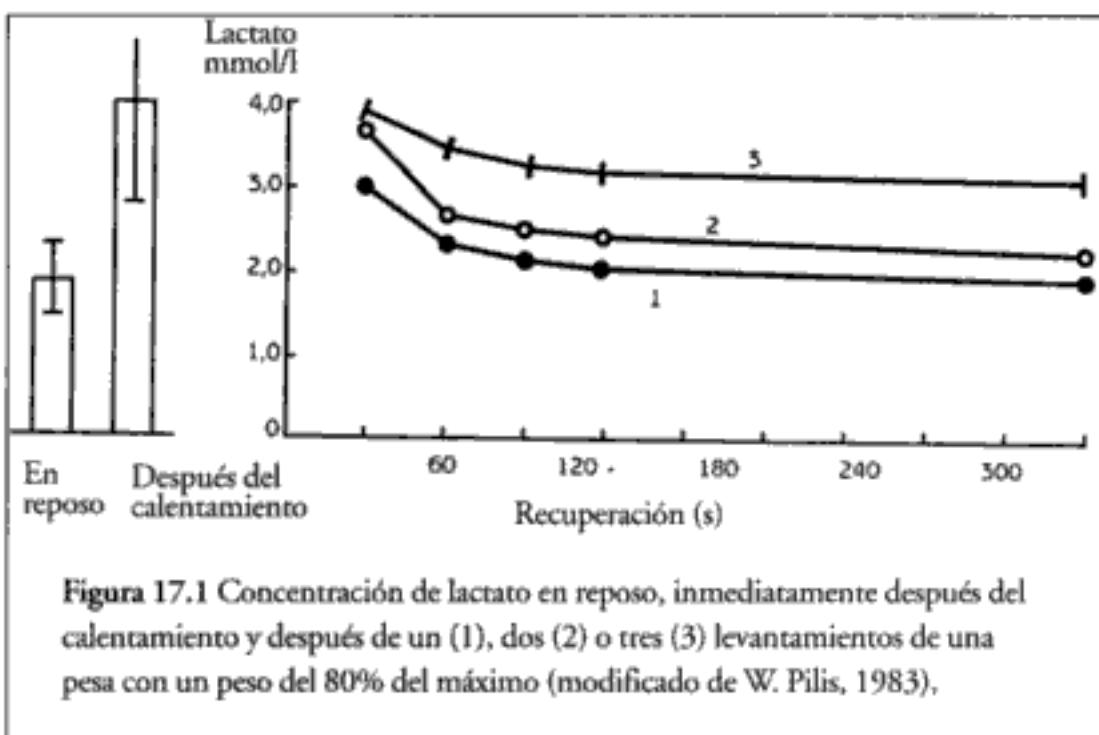


Figura 17.1 Concentración de lactato en reposo, inmediatamente después del calentamiento y después de un (1), dos (2) o tres (3) levantamientos de una pesa con un peso del 80% del máximo (modificado de W. Pilis, 1983).

pués de la arrancada. Esto se explica por los mayores pesos levantados, pero sobre todo por el mayor tiempo de ejecución de la modalidad en dos tiempos.

El oxígeno de la hemoglobina y de la mioglobina también desempeña un papel importante en la disminución de la producción de lactato durante el trabajo de fuerza. El incremento de su proporción oxígeno es característico del desarrollo de las capacidades de fuerza. Por ello es interesante que en el entrenamiento de la fuerza el nivel de hemoglobina crezca más que en el entrenamiento de la resistencia.

Regulación hormonal e intercambio de proteínas en el entrenamiento de la fuerza

La fuerza muscular depende de la concentración de proteínas estructurales que son un sustrato de la contracción y la relajación muscular. El entrenamiento de fuerza provoca un intercambio intenso de proteínas en

los músculos. La proteína no está considerada como la principal fuente energética, y el aporte energético a un trabajo intenso gracias a las proteínas de los tejidos y los aminoácidos es de un 12%. Pero la proteína permanentemente renueva su composición, se destruye y de nuevo se sintetiza (el plazo de semiperíodo de vida de las proteínas musculares, es decir, el tiempo durante el cual ellas se renuevan, como media, es de 30 días). El entrenamiento de alta intensidad de fuerza intensifica mucho la destrucción de las proteínas y de algunas estructuras musculares (proteínas del complejo de la contracción de las miofibrillas, enzimas, componentes de varias membranas celulares), cuya recuperación necesita un tiempo prolongado (hasta 2-3 días); además, aumenta considerablemente el volumen de la síntesis de proteínas que son disociadas. Éstas son las proteínas de la contracción de las miofibrillas, miosina y actina que participan de la relajación muscular. Al mismo tiempo, ocurre un crecimiento de la fuerza muscular y un perfeccionamiento de su capacidad de relajación que es más rápida y más completa después de la contracción. Si las cargas de fuerza que son aplicadas provocan una disociación intensa de las proteínas, que es lo más común, en cambio, el entrenamiento llevará a un crecimiento considerable de la masa muscular. El crecimiento de las capacidades de la fuerza está relacionado con la capacidad de la rápida movilización de la energía química de los compuestos fosfóricos ricos en energía y su conversión en energía mecánica. Esto se realiza gracias a la intensificación de la actividad de los sistemas enzimáticos que son los catalizadores del proceso de formación del ATP y el ADP que determinan el potencial muscular en el complemento del ATP.

El aumento de actividad de uno u otro de los sistemas enzimáticos determina el contenido del trabajo en fuerza.

El entrenamiento intensivo dinámico e isométrico en régimen de repetición mejora la actividad de enzimas tales como la creatinofosfoquinasa, la mioquinasa o la lactato-dehidrogenasa. La actividad de la mioquinasa es superior en las fibras musculares rápidas que en las lentas, lo cual es una de las causas de sus diferentes velocidades de contracción.

El entrenamiento isocinético en velocidad conduce a un refuerzo de la actividad del enzimas ATP-asa, que disocia el ATP y al mismo tiempo permite la interacción de los miofilamentos actina y miosina. Además, el entrenamiento isométrico no influye en la actividad de la ATP-asa, lo cual, evidentemente, es uno de los motivos de la ineficacia del entrenamiento isométrico para mejorar las propiedades de velocidad de los músculos.

El entrenamiento con esfuerzos prolongados (hasta 30 seg) aumenta la actividad de los enzimas glucolíticos, algo que es especialmente característico en los músculos de los levantadores de pesas; *por ello, la duración de cada esfuerzo máximo es el estímulo más importante para aumentar la actividad enzimática de los músculos que es el volumen de trabajo ejecutado.*

En el aporte energético de las contracciones de fuerza de corta duración, son importantes algunas hormonas, en particular, las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina), al ser liberadas en grandes cantidades en el transcurso de una carga estática, así como también la testosterona, la insulina, somníotropropina, que desempeñan un importante papel en la inducción y en la garantización de la síntesis de las diferentes proteínas.

El papel de las funciones vegetativas en las capacidades de la fuerza está poco estudiado en la literatura. Está reseñada la importancia de la productividad aeróbica del organismo y de la reacciones vasculares para el desarrollo de las capacidades de fuerza como una condición que favorece la eficacia de los procesos de recuperación durante el entrenamiento.

Especificidad de las capacidades de fuerza

Las conclusiones expuestas arriba son testimonio del carácter específico (selectivo) de las reacciones de adaptación del organismo que se forman en el proceso del entrenamiento de fuerza. Esto conlleva que las capacidades de fuerza garanticen el éxito sobre todo en aquellas condiciones y en aquel principal régimen de trabajo del organismo en el

Hidden page

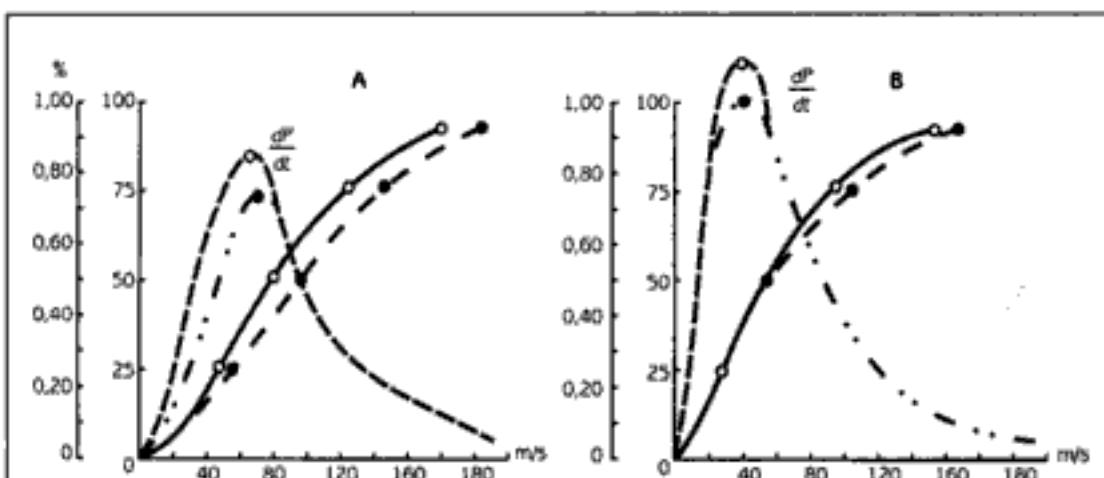


Figura 17.2 Curvas de la evolución en el tiempo del esfuerzo del músculo tibial anterior y velocidad de evolución de este esfuerzo (dP/dt) al principio de las contracciones isométricas libre (A) y provocada (B). Las líneas continuas corresponden a un velocista y las de puntos a un fondista.

dientes más abruptos de crecimiento del esfuerzo que los fondistas, a la vez que en la contracción de esos mismos músculos, provocada por excitación eléctrica, esta diferencia está ausente (Fig. 17.2). Se ha observado un caso análogo al examinar a saltadores de esquí y esquiadores de biatlón, lo cual da fe de las particularidades específicas de la dirección central del sistema muscular que se forman en diferentes condiciones de actividad deportiva y se muestran más cuanto mayor es la cualificación del deportista.

En la Fig. 17.3 se presenta un elocuente ejemplo, importante para la solución de los problemas metodológicos de la preparación especial en fuerza, de la especificidad del efecto del entrenamiento de diferentes regímenes (isométrico y dinámico) de entrenamiento en fuerza (5 veces por semana en el transcurso de 4 semanas).

Después del entrenamiento isométrico el momento de la fuerza de los grupos musculares entrenados aumentó en régimen isométrico, pero los índices de fuerza dinámica (con una velocidad angular de 40 a 160 grados/s) se redujeron. El entrenamiento isocinético a baja velocidad (40

grados/s) mejoró tanto la fuerza isométrica como la dinámica que se manifiesta a bajas velocidades de movimiento. El entrenamiento a alta velocidad (160 grados/s) condujo a un aumento de los índices de fuerza que se manifiestan sobre todo a grandes velocidades (120 y en especial 160 grados/s).

De este modo, *las mayores magnitudes de momento de fuerza corresponden a los regímenes entrenados*; además de esto, el entrenamiento isométrico ejerce una influencia negativa en los mecanismos de dirección de la contracción muscular en régimen dinámico y el entrenamiento a alta velocidad en régimen isocinético no proporciona un aumento sustancial de la fuerza isométrica.

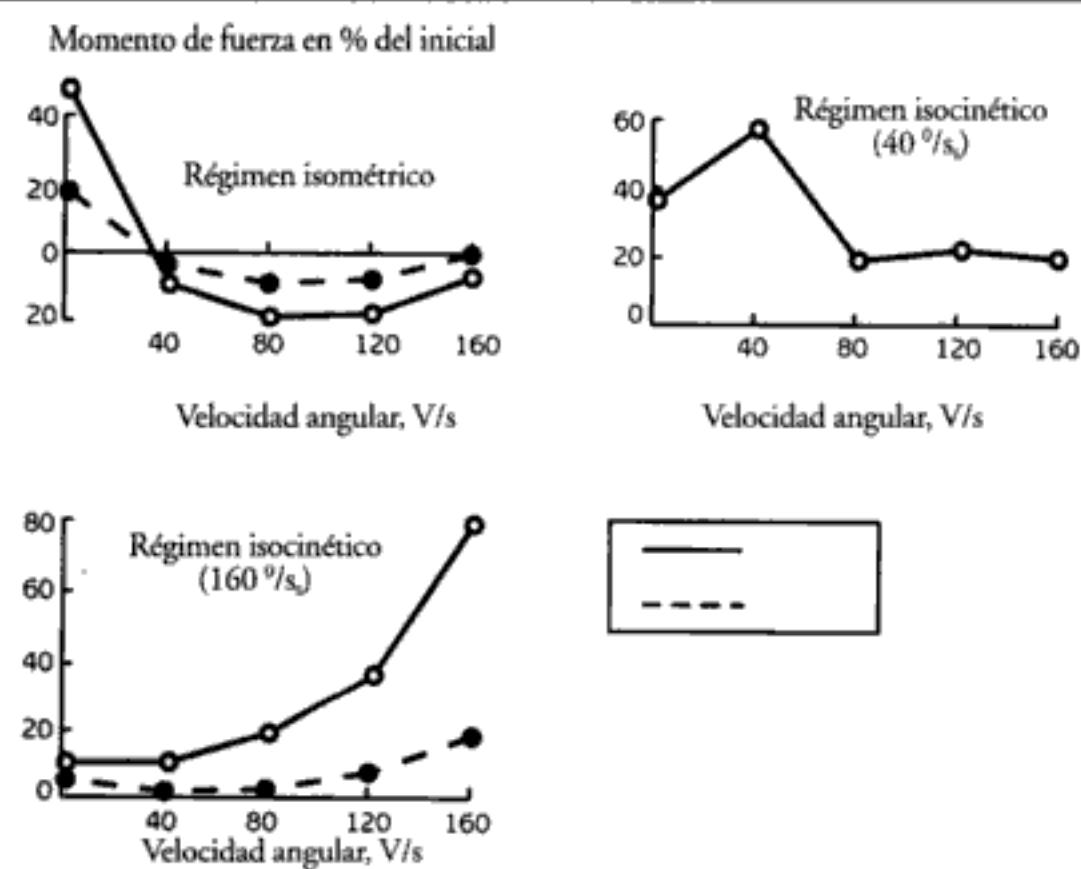


Figura 17.3 Cambios relativos del momento de fuerza en la articulación tibiotarsiana manifestados en diferentes velocidades de movimiento como resultado de los diferentes modos de entrenamiento de la fuerza.

A partir del carácter del esfuerzo manifestado y del régimen de trabajo de los músculos distinguimos las siguientes formas específicas de capacidades de fuerza, las más típicas de las condiciones de actividad deportiva:

- capacidad de manifestar esfuerzos de importante magnitud en condiciones de movimiento lento (fuerza lenta);
- capacidad de manifestar esfuerzos musculares extremos en régimen isométrico (fuerza máxima);
- capacidad de mantener de forma prolongada o de manifestar de forma repetida y sucesiva esfuerzos musculares (fuerza resistencia);
- capacidad de desarrollar con velocidad el máximo de esfuerzo de trabajo contra una importante resistencia externa (fuerza explosiva);
- capacidad de ejecutar con rapidez el movimiento en condiciones de resistencia externa insignificante (fuerza velocidad);
- capacidad de manifestar un esfuerzo de trabajo potente inmediatamente después de un estiramiento preliminar de los músculos por una fuerza externa (capacidad reactiva del sistema neuromuscular).

Las primeras tres capacidades serán examinadas en próximas secciones, por lo que para no alterar su lógica analizaremos primero las tres últimas.

Fuerza explosiva

La fuerza explosiva se manifiesta en condiciones de actividad deportiva en los regímenes de trabajo muscular isométrico y dinámico, y en el último caso en condiciones de superación de resistencias exteriores de diferente magnitud. En la Fig. 17.4 se presentaron las gráficas $F(t)$ obtenidas en un experimento de laboratorio en el que se modelaban estas condiciones para el movimiento de extensión de una pierna. En las gráficas saltan a la vista las siguientes particularidades específicas de la capacidad de manifestar esfuerzos explosivos:

Hidden page

trabajo contra el peso de la carga como cuando es contra su inercia en reposo.

- Si la parte inicial de la gráfica $F(t)$ viene determinada por la fuerza inicial de los músculos, el posterior incremento del esfuerzo en régimen dinámico, cuando empieza el movimiento, viene determinado por la fuerza de aceleración de los músculos. La velocidad de movimiento de la carga movilizada en este caso es superior cuanto mayor sea la superficie bajo la curva $F(t)$, cuya ordenada corresponde al peso de la carga, esto es, cuanto mayor sea el impulso de fuerza que desarrollan los músculos.
- Durante los esfuerzos explosivos en cualquier condición, el deportista siempre realiza al máximo la fuerza inicial, y el carácter de la fuerza de aceleración depende de la magnitud de la resistencia externa y la fuerza máxima de los músculos.
- Conviene recordar que la curva $F(t)$ del esfuerzo explosivo consta de tres componentes y está determinada cuantitativamente por propiedades del sistema neuromuscular tales como:
 - fuerza máxima de los músculos,
 - capacidad de manifestar con rapidez un esfuerzo externo al principio del trabajo de los músculos (fuerza inicial),
 - capacidad de incrementar el esfuerzo de trabajo en el proceso de impulsar la masa desplazada (fuerza de aceleración).

Estas características son propias de personas de cualquier edad y procedencia, al margen de si practican o no deporte y de su especialización deportiva.

El desarrollo de la capacidad de manifestar esfuerzos explosivos está relacionado con el perfeccionamiento de todos los componentes de la curva $F(t)$ arriba mencionados, pero el desarrollo de los correspondientes mecanismos fisiológicos viene determinado por las condiciones externas del trabajo y la magnitud de la resistencia superada. Además, los estudios

especializados demuestran que las fuerzas máxima y de aceleración son más propensas a desarrollarse que la fuerza inicial de los músculos. Esta última está condicionada en gran medida por las propiedades congénitas del sistema neuromuscular y, en particular, por la cantidad de unidades motoras rápidas en los músculos.

Cabe añadir que la manifestación de la capacidad de realizar esfuerzos explosivos depende en gran medida del estado anterior de los músculos. Si se supera una resistencia externa relativamente pequeña, el esfuerzo de trabajo debe precedido una relajación de los músculos. En caso de esfuerzos contra una gran resistencia externa, lo lógico es que la tensión previa de los músculos sea mayor (dentro de los límites óptimos) cuanto mayor sea la resistencia externa.

Fuerza velocidad

La fuerza velocidad se manifiesta durante los movimientos contra una resistencia externa relativamente pequeña y está garantizada por las capacidades reactivas del sistema neuromuscular que determinan la fuerza muscular de aceleración y la inicial.

Para caracterizar cualitativamente la fuerza velocidad y para resolver los problemas de la preparación física especial, es racional analizar las principales relaciones de la velocidad de los movimientos deportivos con la rapidez (V_0), y con la capacidad motriz general y el potencial de fuerza muscular (P_0) en función de la resistencia externa al movimiento (Fig. 17.5).

Las gráficas de la Fig. 17.5 muestran lo siguiente:

- La vinculación del potencial de fuerza con la velocidad del movimiento de trabajo ejecutado contra una resistencia externa (P_0/V_p) muestra un grado poco importante de generalidad en la gama del último hasta el 65% del P_0 . Después, el grado de generalidad aumenta aproximadamente en dependencia lineal de la magnitud de la resistencia externa y después de superar el 70% de P_0 se convierte en esencial.

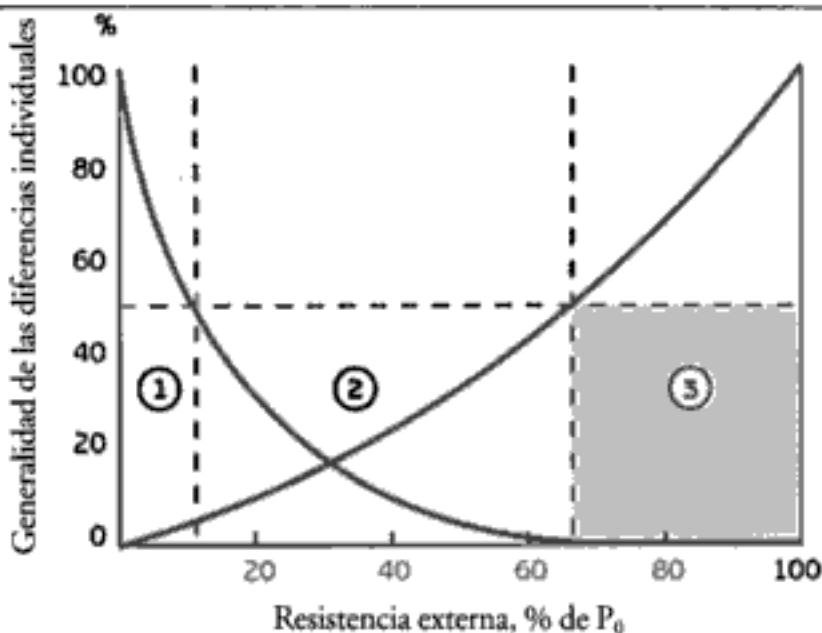


Figura 17.5 Evolución de la generalidad de las diferencias individuales (r^2) entre el potencial de fuerza y la velocidad del movimiento con sobrecarga (P_0/V_p) y entre la capacidad de rapidez de los movimientos y la velocidad del movimiento con sobrecarga (v_0/V_p) en función de la magnitud de la resistencia externa. La línea de puntos horizontal es la frontera por encima de la cual la generalidad de las diferencias individuales se convierte en esencial (Y. Verkhoshansky, 1968, 1970).

- El grado de generalidad entre rapidez y velocidad del movimiento sobrecargado (V_0/V_p) es extraordinariamente pequeño. Aquí, ya en resistencias externas de cerca del 10-12% de P_0 la especificidad de las diferencias individuales es sustancial. Por consiguiente, la rapidez, como capacidad motora general (V_0), influye poco en el índice de velocidad del movimiento sobrecargado, si la magnitud de la resistencia externa superada se sale de los límites del 15-20% de P_0 .
- Puede deducirse que en la gama que va hasta el 15-20% de P_0 , la velocidad de los movimientos depende principalmente de la operativi-

dad de la organización del programa nervioso central. Las capacidades de fuerza juegan en este caso un papel poco significativo (v. Fig. 17.5, zona 1).

- En la gama del 15-20% de P_0 (zona 2), la velocidad de los movimientos depende fundamentalmente de la fuerza de velocidad de los músculos, resultante de la fuerza inicial y de la de aceleración. Además, la fuerza de aceleración presenta en este caso un carácter específico: con el aumento de la resistencia externa su relación con el potencial de fuerza se hace más estrecha.
- En la gama superior al 70% de P_0 (zona 3), la velocidad de los movimientos depende de la capacidad de manifestar esfuerzos explosivos, resultante de todas las propiedades del sistema neuromuscular examinadas con anterioridad y del papel principal de P_0 . Además, la fuerza de aceleración presenta un carácter específico condicionado por la influencia de P_0 .
- De este modo, conviene vincular la fuerza velocidad a las capacidades de fuerza manifestadas en la gama que va del 15-20% al 70% de P_0 y buscar una vía metodológica para su desarrollo en correspondencia con las condiciones concretas de realización del movimiento en velocidad.

Capacidad reactiva del sistema neuromuscular

La capacidad reactiva es una propiedad específica del sistema neuromuscular que se traduce en la manifestación de un potente esfuerzo motor inmediatamente después de un intenso estiramiento mecánico de los músculos, esto es, cuando pasan con rapidez de un trabajo de cesión a uno de superación cuando se desarrolla la máxima carga dinámica.

El estiramiento preliminar que provoca la deformación elástica de los músculos garantiza que se acumule en ellos un determinado potencial de esfuerzo (energía no metabólica), que al comenzar la contracción de los

Hidden page

Hidden page

Hidden page

15,3 a un 29,0%. Se observa una estrecha conexión entre la capacidad reactiva del sistema neuromuscular y el resultado deportivo en el triple salto ($r = 0,957$), en las carreras de vallas ($r = 0,715$), en los ejercicios de halterofilia ($r = 0,94$) o en los saltos de esquí ($r = 0,851$).

18

Resistencia

277

Con la resistencia a menudo se identifica la capacidad del deportista de ejecutar de forma prolongada un trabajo muscular sin que disminuya su eficacia.

En la literatura deportiva pueden encontrarse las características de muchas formas de manifestación de la resistencia. Por ejemplo, se distinguen resistencia estática y dinámica, de velocidad y de fuerza, local, regional y global, cardiovascular y muscular, general y especial, emocional y psíquica, de juego, de distancia, resistencia para manifestar esfuerzos explosivos, etc. Todas estas formas diversas de manifestación de la resistencia aún están a la espera de un estudio en profundidad y de una explicación sistemática.

En esta sección nos limitaremos a analizar la resistencia ante todo como factor determinante de la velocidad de los desplazamientos cílicos y las acciones técnicas en los deportes de equipo. Se trata de uno de los cometidos funcionales más característicos de la resistencia en el deporte, y da una idea suficiente de sus mecanismos fisiológicos.

Conviene recordar que durante los últimos 20 años la fisiología y la bioquímica de la actividad muscular han presentado una gran cantidad de estudios novedosos que ponen en duda la presentación de la resistencia que se asumió en los pasados años. Por ello tiene sentido comenzar esta sección con una revisión de los enfoques tradicionales de la resistencia, para formarse una idea más completa de su fisiología actual y descubrir nuevas vías para la metodología práctica de su desarrollo.

Enfoques tradicionales de la resistencia

La resistencia ha sido tradicionalmente relacionada con la necesidad de combatir el cansancio y aumentar la estabilidad en relación con las alteraciones no deseadas de los medios internos del organismo del deportista.

Se ha considerado que la resistencia se desarrolla tan sólo cuando durante la actividad se lleva al organismo hasta un alto grado de cansancio. No resulta difícil darse cuenta de que estos enfoques relacionaban la resistencia con la fatal inevitabilidad de la reducción de la capacidad de trabajo como resultado del desarrollo del cansancio. De ello se desprendía de una forma u otra, hablando en general, *una relación pasiva de cara al desarrollo de la resistencia*. Esto último se traducía en la formación de una orientación motivadora de «aguantar», confiando en la potencia y la capacidad de los sistemas reguladores del organismo.

Del mismo modo, la orientación final del entrenamiento se reducía a la habilidad de superar las sensaciones no deseadas que acompañan al desarrollo del cansancio, en vez de *buscar de forma activa aquellos medios y métodos de entrenamiento que permitiesen en la práctica la reducción del grado de cansancio, el aplazamiento de su momento de aparición y la disminución de su gravedad*.

La limitación de la capacidad de trabajo en las modalidades deportivas que exigen resistencia era relacionada principalmente con la hipoxia de trabajo de los músculos y, en consecuencia, con el aumento del nivel de concentración del lactato y otros productos del metabolismo anaeróbico en la sangre, lo cual conduce a una reducción de las propiedades contráctiles de los músculos. La mejor resistencia al trabajo submáximo se explicaba por el CMO más alto y el aumento del riego de sangre y oxígeno a los músculos que trabajaban.

De todo ello se desprendía un enfoque unilateral y bastante primitivo de la resistencia como *función fundamentalmente correspondiente a los sistemas respiratorio y cardiovascular que garantizaba la distribución de oxígeno*.

Hidden page

Puesto que en este caso se acumulan en los músculos de trabajo los productos finales de los procesos de intercambio, el cansancio muscular local *era visto como un factor que limitaba la capacidad de trabajo del deportista*. De ahí que para el desarrollo de la resistencia especial se recomendara ejecutar una parte importante del trabajo específico a un alto nivel de concentración de lactato en la sangre, para «acostumbrarse» a la acidosis metabólica y desarrollar la potencia y la capacidad de los sistemas reguladores del organismo.

280

El perfeccionamiento de la resistencia se contemplaba en gran medida como el aumento del CMO, puesto que se consideraba que este índice proporcionaba una estimación generalizada del nivel de desarrollo de las funciones fisiológicas que garantizan la adquisición, el transporte y la utilización del oxígeno en el organismo. Incluso, a pesar de la presencia de extensos datos experimentales que demostraban que en la temporada de competición el CMO por lo general disminuía, al igual que su correlación con el resultado deportivo, que deportistas con niveles diferentes (e incluso relativamente bajos) de CMO alcanzaban resultados igual de altos y, por último, que durante la última década el crecimiento de los logros deportivos no ha venido acompañado de un aumento del CMO de los deportistas más destacados, *la fe en el «entrenamiento vegetativo» como factor fundamental en la determinación de la resistencia nunca ha vacilado*.

Tal es a grandes rasgos el enfoque de la resistencia que durante mucho tiempo ha determinado los principios metodológicos de su desarrollo.

A continuación trataremos de los actuales avances de la fisiología y la bioquímica de la actividad muscular que han aportado nuevos conocimientos a los postulados de la teoría del deporte. Junto a ello recordaremos también algunos hechos que han pasado inmerecidamente desapercibidos en los últimos años.

Propiedades de oxidación de los músculos

La principal conclusión fundamental a la que conducen los actuales avances de las ciencias biológicas viene determinada por la adaptación

Hidden page

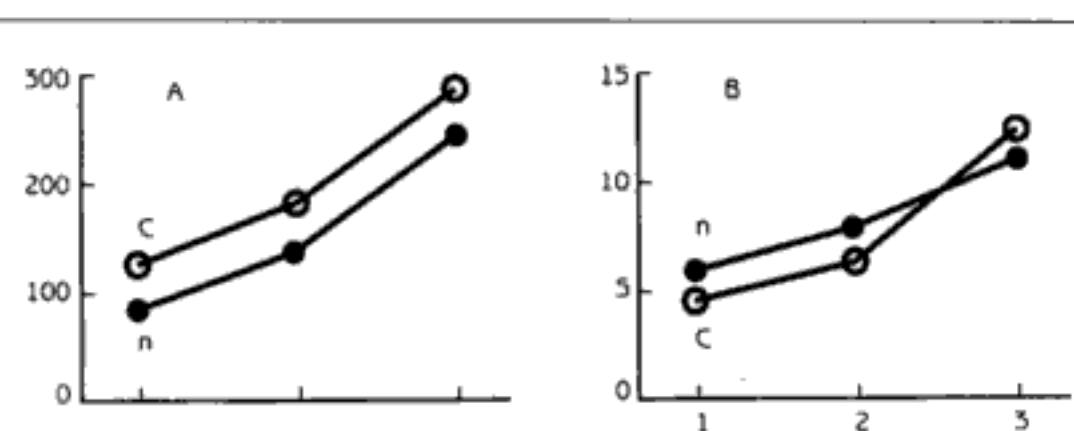


Figura 18.1 Dinámica de los índices de la potencia (A) y de la concentración de lactato en la sangre (B) de remadores en los períodos de la pretemporada (n) y en el competitivo (c).

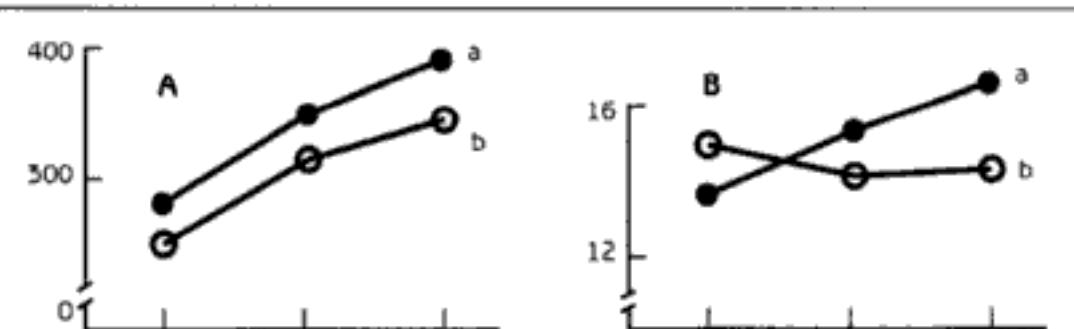


Figura 18.2 Dinámica de los índices de la potencia (A) y de la concentración de lactato en la sangre (B) de remadores en el macrociclo; a y b – tipos de la dinámica de las reacciones del organismo durante la carga en el test.

Pero existen casos en que, durante el crecimiento progresivo de la potencia del trabajo, la concentración de lactato en la sangre requiera un nivel constante o menor (Fig. 18.2).

Este tipo de cambios en la adaptación del organismo que caracterizan una creciente economía en el consumo energético es preferencial, pero sólo es propia de un número reducido de deportistas de élite.

Asimismo, las concepciones de las capacidades oxidativas musculares, aparte de las concepciones de la resistencia muscular local, de las reaccio-

Hidden page

Hidden page

Hidden page

Hidden page

Hidden page

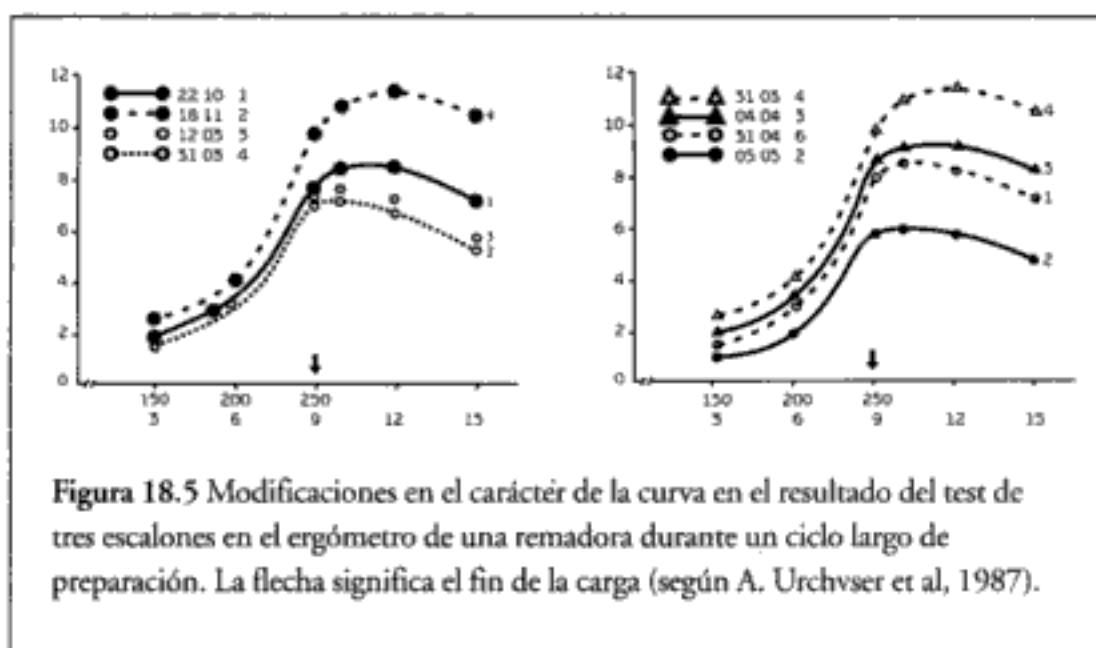


Figura 18.5 Modificaciones en el carácter de la curva en el resultado del test de tres escalones en el ergómetro de una remadora durante un ciclo largo de preparación. La flecha significa el fin de la carga (según A. Urchvser et al., 1987).

tividad deportiva. Por ello los grandes logros de esta variante son inadmisibles para la práctica del deporte.

En la cuarta variante (4) se muestran los diversos efectos de un programa de entrenamiento de alta intensidad, también injustificados por la lógica objetiva del desarrollo del proceso de adaptación. El empleo prematuro en el entrenamiento de una alta velocidad (sin un aumento previo de las propiedades de oxidación de los sistemas musculares explotados) puede mejorar de forma temporal la capacidad especial de trabajo del organismo, pero al mismo tiempo conducir a un empeoramiento de la economía del trabajo al nivel del umbral anaeróbico. Se trata de un fenómeno que tiene lugar con bastante frecuencia si la práctica carece de una organización racional del entrenamiento. Está condicionado por la relación de confrontación entre el rendimiento aeróbico y el anaeróbico-glucolítico del organismo y también es inadmisible para los deportistas de alto nivel.

La forma de la curva láctica es un buen reflejo del carácter específico de la capacidad especial de trabajo del deportista, y está determinada por las particularidades de la modalidad deportiva, más en concreto, por el

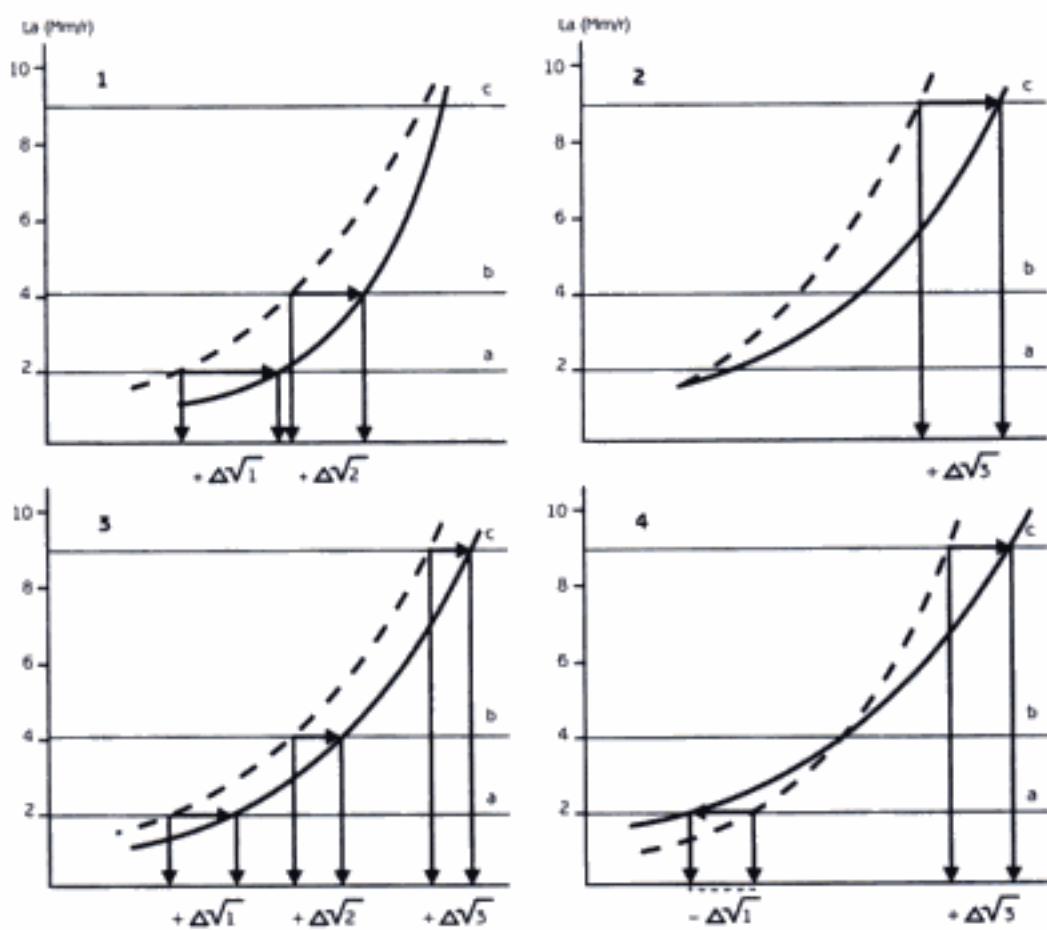


Figura 18.6 Dinámica de las curvas lácticas de unos nadadores de alto nivel en función de la diferente orientación del entrenamiento. En la ordenada se muestra lo mismo que en la Fig. 18.5.

régimen de actividad funcional del organismo del deportista que sea más propio de ella.

En calidad de ejemplo se muestran en la Fig. 18.7 las curvas lácticas de unos nadadores de alto nivel pero diferente especialización que efectuaron la misma prueba de 8 x 200m durante la etapa previa a la competición de su preparación. Es fácil comprobar que las velocidades umbral de los fondistas son altas en comparación con las de los nadadores de esprint, al mismo tiempo que en el nivel de velocidad crítica se observa el caso opuesto.

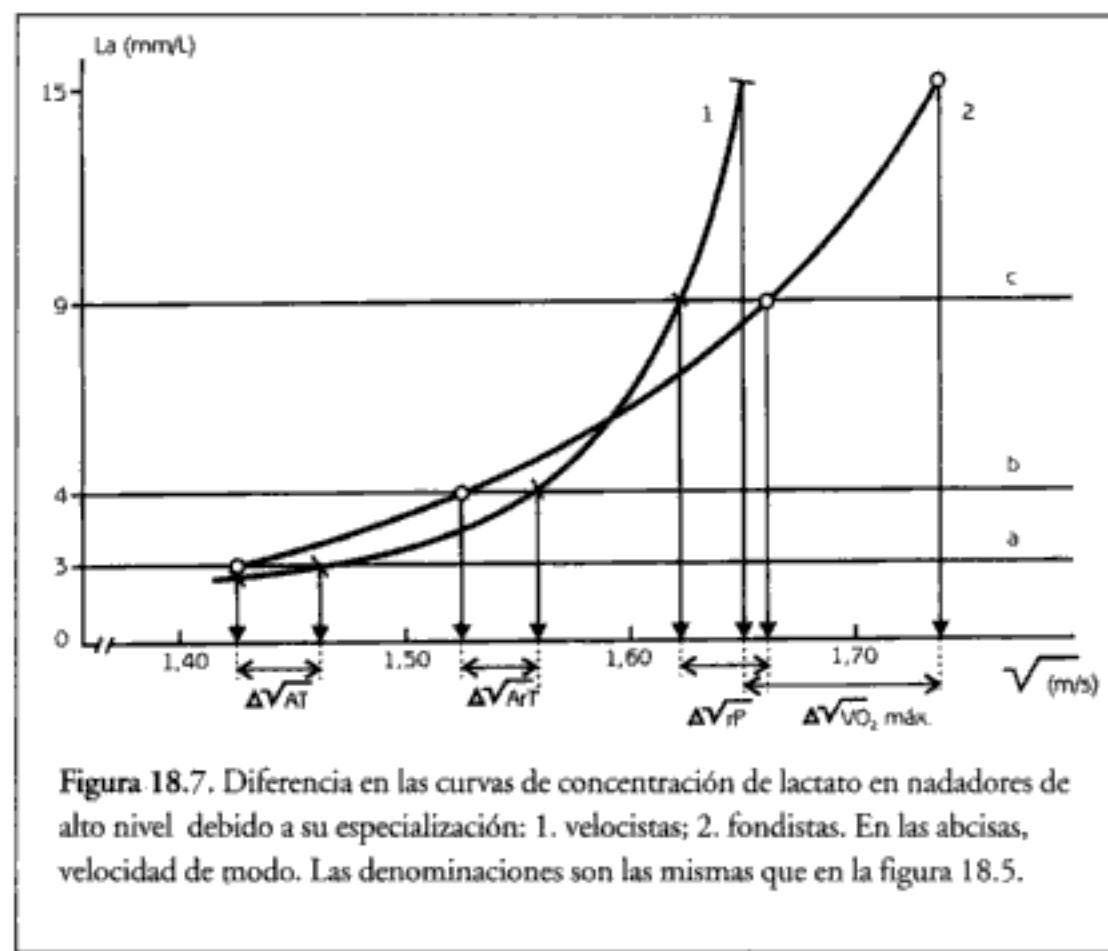


Figura 18.7. Diferencia en las curvas de concentración de lactato en nadadores de alto nivel debido a su especialización: 1. velocistas; 2. fondistas. En las abcisas, velocidad de modo. Las denominaciones son las mismas que en la figura 18.5.

Las diferencias más grandes de velocidad se observan en la zona de trabajo de alta intensidad de orientación glucolítica, donde la ventaja de los velocistas alcanza los 0,11 m/s con los mismos índices de lactato que los fondistas. Sin embargo, conviene no perder de vista una particularidad esencial: *los velocistas pueden mantener su ventaja en el nivel de alta velocidad durante un corto espacio de tiempo, mientras que la ventaja de los fondistas en las velocidades de umbral se conserva durante más tiempo sin indicios de que progrese la concentración de lactato*.

En la figura se presentan los cambios en la curva láctica registrada a un deportista (de remo) en un test de tres etapas. Después de los dos primeros meses de entrenamiento invernal (entre primer y segundo test), fue registrado un aumento en la capacidad especial de trabajo.

Después, debido a una enfermedad, durante otros dos meses, paró el crecimiento de la capacidad especial y e incluso se produjo un empeoramiento (tercer y cuarto test). Después de la enfermedad, ocurrió una recuperación activa de la capacidad especial hasta un nivel anterior (cuarto al sexto test) como resultante de los entrenamientos de recuperación con una intensidad extensiva. En mayo se iniciaron los entrenamientos de resistencia especial con alta intensidad. El resultado fue un desvío de la curva láctica a la derecha (sexto y séptimo test). La forma de la curva láctica y su posición en relación con la escala de la velocidad en el eje de abcisas depende del carácter y de la duración del tipo de entrenamiento, es decir, de los cambios morfológicos del organismo, en particular, de los sistemas de aporte energético en el trabajo muscular, siendo buen indicador de la eficacia y la efectividad del proceso de entrenamiento.

Adaptación estructural de los músculos esqueléticos al trabajo de resistencia

La adaptación de los músculos al trabajo de resistencia está relacionada con determinados cambios de su estructura morfológica.

Como ya se ha comentado, con el trabajo en resistencia se aumenta el porcentaje de espacio que ocupan las fibras del tipo I en la sección transversal del músculo y se produce una transformación de las fibras del tipo IIb en fibras del tipo IIa, lo cual conduce a un aumento del umbral anaeróbico en las condiciones del régimen específico de trabajo.

En las personas adaptadas al trabajo de esfuerzo en resistencia a menudo es imposible distinguir fibras del tipo IIb, esto es, se produce al parecer una conversión completa de las fibras del tipo IIb en las del tipo IIa. Aparte de eso, como resultado de un entrenamiento muy intenso en resistencia, el contenido de mitocondrias en las fibras del tipo II tiende a aumentar más que en las fibras del tipo I, de manera que en los deportistas cualificados la diferencia de contenido de enzimas mitocondriales entre las fibras del tipo I y II desaparece sustancial o totalmente.

Así pues, la adaptación al trabajo en resistencia puede hacer real la actividad prolongada y estable de contracción de los músculos, durante la cual la glucólisis de ATP se equilibra mediante su resíntesis gracias a la fosforilación oxidativa que acompaña al trabajo intenso y que las fibras del tipo II en estado no entrenado podrían resistir sólo durante un corto espacio de tiempo dada su baja capacidad oxidativa.

Esto queda corroborado por los datos experimentales que atestiguan que la menor concentración de lactato durante la carga física que presentan los individuos entrenados es fruto de la capacidad de los músculos de absorber una gran cantidad del oxígeno que llega a ellos. Esto queda demostrado también por la gran diferencia que existe entre el contenido de oxígeno en las arterias y venas de los deportistas entrenados si se compara con el de los individuos no entrenados.

Se sabe también que durante la carga máxima (al nivel del CMO) no se alcanza el esfuerzo crítico del oxígeno en las mitocondrias y el esfuerzo del oxígeno en la sangre de las venas es algo mayor que el esfuerzo del oxígeno en las mitocondrias, lo cual da fe del tránsito del oxígeno a través de los músculos, si éstos se muestran incapaces de utilizarlo suficientemente.

Además, está establecido que el entrenamiento en resistencia conduce a un aumento de la cantidad de mitocondrias y a un incremento de la actividad de los enzimas mitocondriales por unidad de masa muscular, lo cual, por cierto, no es característico del entrenamiento orientado a la fuerza.

Precisamente de ello surgió también la certeza de que *la resistencia está limitada no por el suministro insuficiente de oxígeno a los músculos de trabajo, sino por la baja capacidad para aprovecharlo de las mitocondrias de los músculos*.

Economía del trabajo muscular

El desarrollo de la resistencia va acompañado de una economía muy pronunciada en el aprovechamiento del potencial energético del organismo.

Hidden page

Hidden page

con el avance del ejercicio se aprecia una diferenciación en la actividad de los diferentes sectores del músculo. Éste trabaja en régimen intersustituable, lo cual permite conservar la concentración de excitación en el tiempo y la duración óptima de los períodos de actividad y relajación.

A nivel de regulación intermuscular de la actividad motora de esfuerzo, las reacciones compensatorias del organismo relativas al cansancio se traducen en una nueva distribución de la actividad mecánica y en un cambio del tiempo de ocupación dentro del sistema de grupos musculares que participan en el ciclo de movimientos.

Esto puede traducirse en un desplazamiento del máximo de actividad de un grupo muscular a otro o en una reducción de la actividad de los grupos musculares fundamentales y un refuerzo de la de los grupos que no toman parte directa en el trabajo en condiciones de estado estable pero se activan cuando surge el cansancio.

La consecuencia típica del cansancio durante el trabajo cíclico es el alargamiento del período de actividad de los músculos que trabajan y un acortamiento de las pausas en su esfuerzo. Como resultado se pierden la concentración de la excitación en el tiempo y la correlación óptima entre períodos de actividad y relajación que caracterizan la economía de la actividad muscular conseguida como resultado del ejercicio. Junto a ello surgen dificultades en el riego sanguíneo de los músculos, más acusadas cuanto más desarrollados están sus esfuerzos y mayor sea el ritmo de los movimientos (en los esfuerzos que superan el 20% del máximo, la acumulación de lactato crece de forma lineal con el incremento de la magnitud del esfuerzo).

En una carrera con una velocidad de 3-5 m/seg, los gemelos reciben sangre tan sólo durante el 55% de su tiempo de trabajo dentro del ciclo de movimientos. De ahí que la capacidad para relajar los músculos de la que hablamos en el capítulo 16 posea una importancia especialmente significativa durante las locomociones cíclicas tanto para la organización racional de los movimientos como para el aumento de su eficacia de trabajo y su economía.

La influencia de la relajación muscular en la economía del trabajo cílico intenso queda demostrada de forma patente con un sencillo experimento (Fig. 18.8). Si durante la ejecución de 10 saltos repetidos desde semiflexión con una pesa en los hombros en medio de la serie se efectúa una breve pausa de 8-10 seg (la pesa permanece en el soporte), la concentración de lactato en la sangre después del trabajo es menor que si se ejecuta la serie completa sin pausas.

Los deportistas que poseen una elevada velocidad de relajación de los músculos alcanzan índices más altos de capacidad especial de trabajo con menores gastos energéticos.

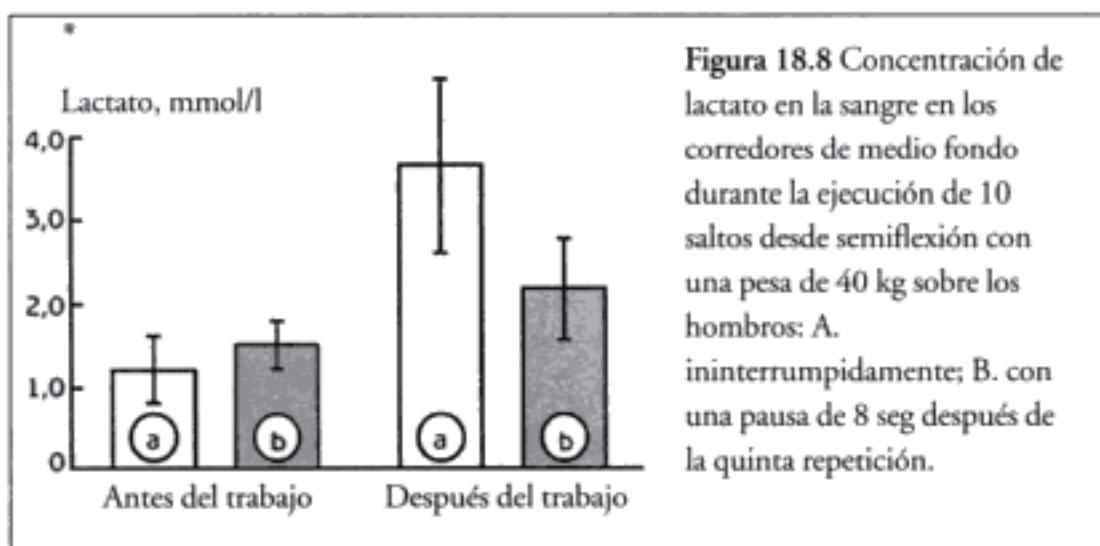


Figura 18.8 Concentración de lactato en la sangre en los corredores de medio fondo durante la ejecución de 10 saltos desde semiflexión con una pesa de 40 kg sobre los hombros: A. ininterrumpidamente; B. con una pausa de 8 seg después de la quinta repetición.

Hipertrofia muscular y resistencia muscular local

El desarrollo de la resistencia va acompañado de una hipertrofia de trabajo concreta de los músculos, relacionada con el aumento de sus propiedades de fuerza, fuerza-velocidad y oxidación. Esta hipertrofia presenta un carácter acusadamente local, es decir, se aprecia plenamente en los músculos que participan directamente en el trabajo.

La hipertrofia de trabajo se traduce en un engrosamiento de las fibras musculares, sobre todo del tipo I, debido al aumento de volumen del sar-

coplasma, esto es, de la parte no contráctil de las fibras donde se produce la glucólisis, así como en un aumento de la superficie relativa ocupada por estas fibras. Se aumentan tanto las dimensiones como la cifra de las mitocondrias, y mejora su capacidad de generar ATP en el proceso de oxidación del piruvato y los ácidos grasos.

En los músculos que toman parte de forma constante en el trabajo se aumenta la actividad de los sistemas enzimáticos que permiten extraer el oxígeno de la sangre. Se incrementan las reservas metabólicas, en particular, el contenido de mioglobina, que es la fuente propia de oxígeno en los músculos y facilita su penetración en las fibras musculares. Gracias a la mioglobina se cubre un 44% del déficit de oxígeno durante el período de trabajo intensivo de corta duración. Aumenta el contenido de glucógeno que es el substrato energético fundamental en el trabajo de alta potencia con demandas de oxígeno superiores al 70% del CMO.

Adaptación del sistema cardiovascular

Durante el entrenamiento en resistencia se desarrollan en el organismo del deportista unos marcados cambios adaptativos del sistemas de circulación sanguínea, cuyos principales síntomas son bradicardia, hipotonía e hipertrofia de miocardio.

Uno de los indicadores característicos de estos cambios adaptativos en el caso presente es *el aumento del volumen del corazón*. Se trata de un fenómeno relacionado tanto con el ensanchamiento (dilatación) de sus cavidades como con el desarrollo de la hipertrofia de trabajo del músculo cardiaco (miocardio), lo cual conduce a su vez a un aumento del volumen sistólico de la sangre y de la potencia de la contracción cardíaca, que garantiza un vaciado más completo de las cavidades del corazón con aprovechamiento del volumen de reserva de sangre. La presión sistólica, junto con la frecuencia de contracciones cardíacas, determina la magnitud del parámetro hemodinámico integral: el volumen de sangre por minuto, cuyo aumento determina en gran medida la eficacia de la actividad muscular.

Un factor esencial que determina y limita la capacidad física de trabajo en las modalidades deportivas relacionadas con el desarrollo de la resistencia es la *función de relajación del miocardio*. Los desplazamientos más acusados de los índices de relajación diastólico y la estrecha correlación entre las fases de sístole y diástole alcanzan su valor óptimo hacia la etapa de competición.

Las dimensiones y la hiperfunción del corazón se alteran con el transcurso del ciclo anual de entrenamiento. Aumentan a medida que se incrementa la intensidad de la carga hacia el período de competición y cuando éste acaba se reducen.

La orientación principal de las cargas de entrenamiento influye en las características morfológicas y funcionales del corazón. Un entrenamiento intensivo con un volumen excesivamente grande y sin la suficiente preparación previa en trabajo de distancia prolongado conduce a desarrollar un corazón con la pared muscular gruesa y una cavidad comparativamente pequeña. Un corazón así posee una gran fuerza de expulsión, pero un reducido volumen de pulsaciones. Al mismo tiempo, un volumen aumentado de entrenamiento de baja intensidad forma un corazón grande y «aeróbico», que en condiciones de trabajo de alta intensidad está sometido a una sobrecarga excesiva. Se llena poco a poco de sangre y posee poca fuerza de expulsión. Así, el volumen de sangre por minuto disminuye, lo que lleva tras de sí una reducción de su volumen de trabajo y, como consecuencia, la arritmia.

Sin embargo, si el entrenamiento se organiza racionalmente, es decir, si se aumenta la intensidad de las cargas de manera regulada y planificada a lo largo del ciclo anual, la hiperfunción del corazón va acompañada de determinados cambios favorables y permanece estable.

En el desarrollo de la especialización funcional del organismo durante el trabajo en resistencia desempeña un papel importante no sólo la hiperfunción del corazón, sino también los factores *hematológicos* y *hemodinámicos*.

La resistencia al trabajo de esfuerzo prolongado viene en gran parte determinada por la cantidad de sangre que circula por el sistema vascular, que aumenta la eficacia del transporte y utilización del oxígeno. Si el volumen de sangre en circulación crece de forma importante (gracias a un aumento uniforme del plasma y los eritrocitos), se crean unas condiciones favorables para el funcionamiento de todos los sistemas de transporte de oxígeno. Como resultado se reduce la oposición periférica al riego sanguíneo, disminuye la frecuencia de las contracciones cardíacas y aumenta el volumen de bombeo de sangre.

El crecimiento del volumen de sangre en circulación cambia las condiciones de la hemodinámica y reduce en primer lugar la velocidad del flujo sanguíneo, lo cual es un detalle importante. La cuestión es que si la velocidad del flujo sanguíneo es alta (si se produce un acusado aumento del volumen de sangre por minuto durante el período de ejecución de la carga), el acortamiento del tiempo para situar los eritrocitos en los capilares puede limitar la desoxigenación de la hemoglobina. A consecuencia de un gran volumen de sangre en circulación esta última se desplaza por los vasos de forma algo más lenta. Por el mismo motivo aumenta el tiempo de los eritrocitos para situarse en los vasos de intercambio, lo cual permite una utilización más plena del oxígeno de las células musculares.

Por último, el incremento del volumen de sangre en circulación aumenta (en un 25-30%) la capacidad reguladora de la sangre, lo cual da lugar a un menor desplazamiento del pH de la sangre en condiciones de trabajo muscular intensivo.

Uno de los indicadores más importantes de la adaptación de los órganos de la circulación sanguínea y del organismo del deportista en general al trabajo en resistencia son *las reacciones vasculares periféricas*. Presentan un carácter local y diferenciado, y garantizan una redistribución eficiente del flujo sanguíneo durante el trabajo a favor de los órganos y grupos musculares más activos.

La redistribución del flujo sanguíneo y el aumento de su intensidad en los músculos de trabajo permiten tanto satisfacer su demanda de oxí-

geno como extraer los metabolitos anaeróbicos. El desarrollo de la microcirculación debido al engrosamiento de la red capilar aumenta la superficie de contacto que separa la sangre y el tejido muscular, y reduce la resistencia periférica de los vasos. Si en la persona no entrenada la densidad de capilares en los músculos del muslo asciende por término medio a 325 por mm^2 , en un corredor de esprint se acerca a los 500 por mm^2 . Por otro lado, la densidad más alta de capilares es característica de las fibras musculares lentas.

300

Para la mejora de las funciones del sistema cardiovascular durante el trabajo que exige resistencia posee una importancia esencial el aumento de la elasticidad de las paredes arteriales en las extremidades de trabajo y el incremento de su rigidez en las que no trabajan. Eso conduce a un ensanchamiento considerable del cauce periférico de trabajo, lo cual aligera el trabajo del corazón, reduce la energía cardíaca necesaria para el desplazamiento de la sangre por los vasos, mejora el contacto de la sangre con el tejido muscular y permite una utilización más plena del oxígeno.

Las reacciones vasculares periféricas reflejan con mayor precisión lo específico de la especialización funcional del organismo en su proceso de mejora para el trabajo en resistencia que índices tales como el pulso, el CMO, la presión arterial, el volumen de bombeo de sangre y otros. Las reacciones vasculares periféricas se desarrollan, por lo general, hacia el principio e incluso al inicio mismo del período de competición sobre la base del *volumen de trabajo específico de intensidad moderada realizado en el período preparatorio*.

Los estudios hemodinámicos de los deportistas reflejan lo siguiente:

- primero, que las reacciones vasculares que garantizan la hiperemia de trabajo se perfeccionan algo tarde en comparación con el aumento del CMO. Además, si bien en el ciclo anual el porcentaje medio de cambio del CMO de los deportistas (patinadores) cualificados es de un 5-15%, las reacciones del flujo sanguíneo regional cambian dentro de unos límites más significativos (50-250%).

Hidden page

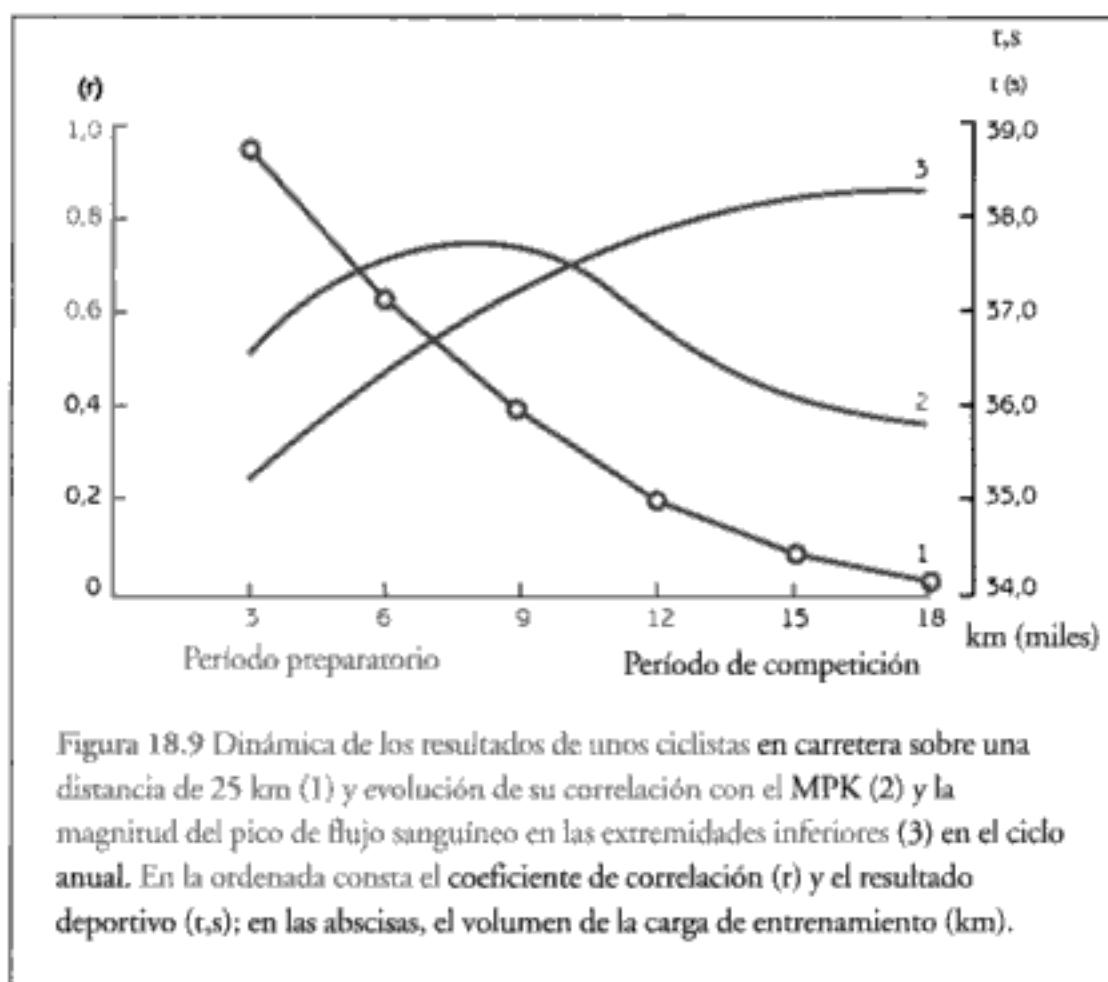


Figura 18.9 Dinámica de los resultados de unos ciclistas en carretera sobre una distancia de 25 km (1) y evolución de su correlación con el MPK (2) y la magnitud del pico de flujo sanguíneo en las extremidades inferiores (3) en el ciclo anual. En la ordenada consta el coeficiente de correlación (*r*) y el resultado deportivo (*t,s*); en las abscisas, el volumen de la carga de entrenamiento (km).

En concreto, la carrera y la imitación de los movimientos de esquí sin bastones en el período preparatorio aumentan el CMO de los esquiadores, pero no permiten la formación de las reacciones vasculares periféricas necesarias y, por consiguiente, no garantizan la capacidad específica de trabajo que resulta imprescindible para los desplazamientos veloces sobre esquís. Al mismo tiempo, la imitación de los movimientos del esquí con patines al uso y bastones permite la formación de las reacciones vasculares de los músculos de las extremidades superiores que llevan a una distribución racional del flujo sanguíneo y aumentan la capacidad especial de trabajo adecuada a la carrera de esquí.

Durante la carrera la ventilación es sencilla y la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno son más altos que en la natación, aunque el en-

trenamiento de carrera no presenta diferencias sustanciales de consumo de oxígeno respecto del de los nadadores de alta cualificación y no puede servir como medio para aumentar sus posibilidades energéticas. El uso de la bicicleta no ejerce una influencia sustancial en la resistencia en la carrera; el entrenamiento en carrera de los pentatletas de alta cualificación no da lugar a una mejora de sus resultados en natación, y viceversa.

Por lo tanto, incluso la llamada preparación aeróbica debe ser específica y corresponder al ejercicio de competición en composición y régimen de trabajo de los músculos participantes.

303

La cascada del oxígeno en el organismo

Así pues, los datos examinados hasta ahora confirman la inconsistencia e ineeficacia práctica de la concepción «vegetativa» aceptada anteriormente, de acuerdo con la cual la reducción del nivel de lactato y la superior capacidad de trabajo en cargas submáximas de los deportistas que se entrena en resistencia respondía al aumento del suministro de oxígeno a los músculos de trabajo. Las investigaciones de estos últimos años a nivel molecular y ultraestructural aportaron nuevas revelaciones sobre *los mecanismos fisiológicos de la resistencia localizados en las profundidades de las células musculares*. De ellas se desprende que el entrenamiento conduce ante todo a cambios primarios específicos de los músculos esqueléticos a nivel celular, que después se completan con cambios adaptativos secundarios en la sangre, el sistema cardiovascular y otros sistemas.

En resumidas cuentas, la resistencia es no tanto consecuencia de la llegada creciente de oxígeno a los músculos de trabajo, *como el resultado del desarrollo de la capacidad de las células musculares, sus mitocondrias, de extraer un porcentaje más alto de oxígeno de la sangre arterial que llega a ellas*.

Por lo tanto, las mitocondrias de los músculos esqueléticos (sus membranas internas) son la última instancia dentro de la cascada del metabolismo oxidativo, la que condiciona la eficacia de la capacidad del organismo.

mo de aprovechar el oxígeno en condiciones de actividad muscular de esfuerzo.

La Fig. 18.10 sintetiza el contenido de los estudios sobre la entrada del oxígeno en el organismo y los mecanismos que determinan la eficacia de cada uno de sus pasos. Queda apenas añadir que tan sólo puede alcanzarse un alto nivel de resistencia deportiva *en caso de que la capacidad de aprovechar el oxígeno esté bien desarrollada y equilibrada en todos los niveles de entrada del oxígeno y ninguno de ellos limite la eficacia del funcionamiento de todos los sistemas*.

No hay que perder de vista que a medida que disminuye la entrada (Fig. 18.10) aumenta la inercia adaptativa de sus niveles. En otras palabras, crecen la magnitud, la duración y la intensidad de las interacciones del entrenamiento exigidas para garantizar los necesarios cambios adaptativos de los correspondientes sistemas fisiológicos. Junto a ello aumenta también la especificidad de sus reestructuraciones adaptativas, lo cual confirma la importancia de elegir los estímulos de entrenamiento adecuados. Preocupación especial merece en este sentido el último nivel de

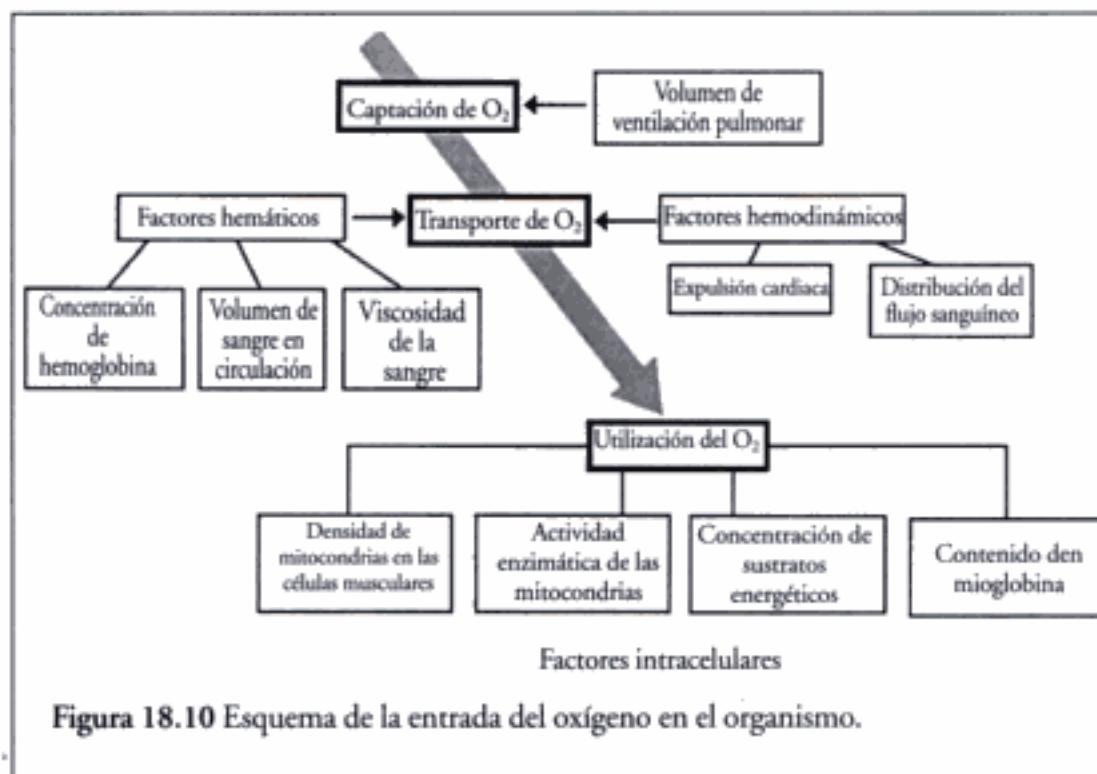


Figura 18.10 Esquema de la entrada del oxígeno en el organismo.

la entrada del oxígeno, el relacionado con las capacidades oxidativas («respiratorias») de los músculos.

La cuestión es que los métodos de entrenamiento basados en la distancia o el juego que conforman el contenido fundamental de la preparación en las modalidades deportivas cíclicas y de equipo contienen en sí grandes (en realidad ilimitadas) posibilidades de cara a aumentar el estímulo del entrenamiento sobre los sistemas vegetativos del organismo. Sin embargo, resultan poco eficaces, especialmente en niveles superiores de maestría, para desarrollar las capacidades de fuerza-velocidad de los músculos y la resistencia muscular local.

Según estos parámetros, los músculos se adaptan con rapidez a su régimen de trabajo en condiciones de entrenamiento en distancia o juego y pierden de este modo el impulso de desarrollarse. Como resultado surge una marcada disparidad entre las posibilidades de los sistemas vegetativos y el muscular, lo cual también contiene el progreso de los logros deportivos. El aumento del volumen de trabajo en distancia y en juego, con el que los entrenadores a menudo relacionan las esperanzas de éxito, no elimina esta insuficiencia y conduce tan sólo a un derroche ineficaz de energía.

Por ello, para que las posibilidades funcionales de los músculos respondan a las exigencias que se les presentan y estén a la altura de las de los sistemas vegetativos, en el entrenamiento es imprescindible crear condiciones que sean capaces de garantizar un estímulo específico más fuerte en los músculos que los métodos basados en la distancia. Este objetivo, como veremos en el próximo apartado, *pueden y deben cumplirlo sobre todo los procedimientos de la preparación especial en fuerza* (Y. Verkhoshansky, 1970, 1985, 1988).

Idea metodológica central del entrenamiento de la resistencia

Así pues, la idea metodológica central del entrenamiento orientado al desarrollo de la resistencia puede expresarse de modo bastante lacónico:

El aumento de la potencia aeróbica de los músculos, como condición para aprovechar eficazmente sus propiedades de contracción en condiciones de trabajo prolongado. Para ello, el entrenamiento debe presentar una orientación «antiglucolítica», es decir, debe garantizar la vía de especialización morfolfuncional del organismo en su totalidad que acerque *al mínimo posible* la glucólisis y la acumulación de lactato en la sangre durante el trabajo.

Para cumplir este objetivo hay que basarse principalmente en el desarrollo de *la resistencia muscular local mediante los procedimientos de la preparación física especial y sobre todo los ejercicios especializados de fuerza*. La orientación final concreta de este entrenamiento deberá traducirse en un desplazamiento hacia la derecha de la curva láctica (Fig. 18.11).

Al nivel del umbral anaeróbico este desplazamiento puede alcanzarse gracias al aumento de las propiedades de oxidación de las fibras musculares lentes (ST); el desplazamiento de la parte media de la curva se obtiene mediante el aumento de la potencia de contracción de los músculos (N), y el desplazamiento de la parte superior resulta de aumentar las propiedades de oxidación de las fibras musculares rápidas (FT).

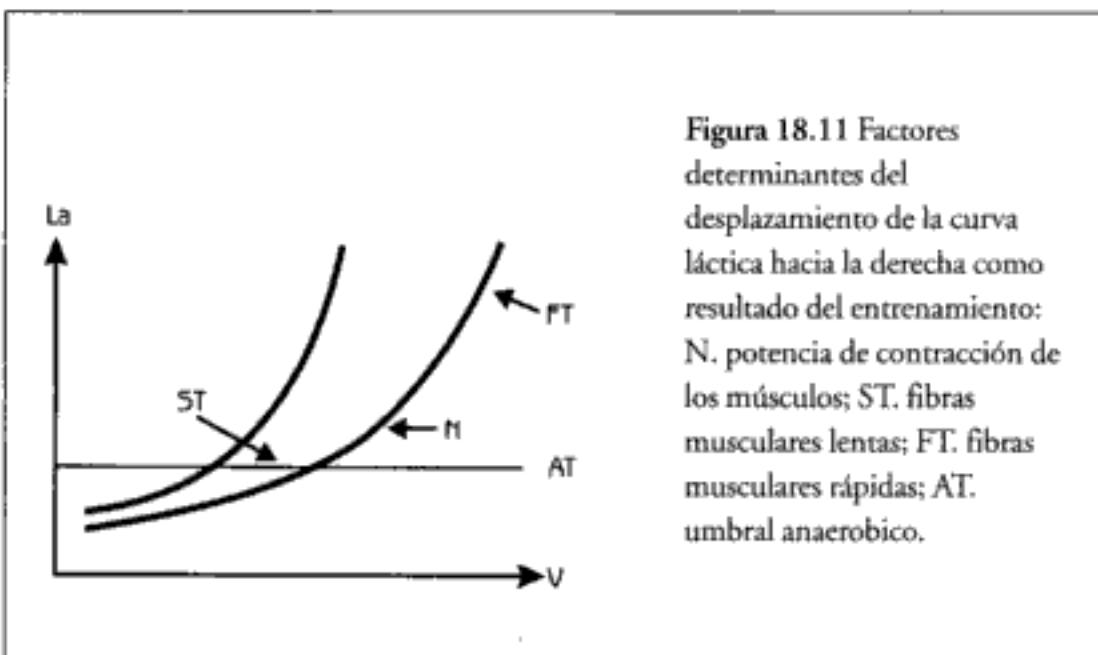


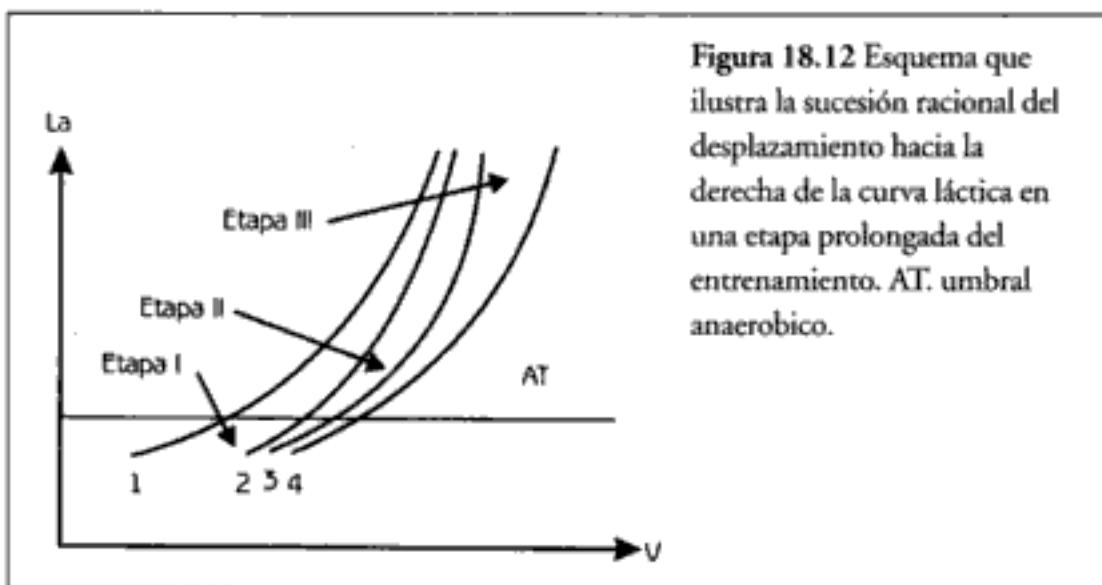
Figura 18.11 Factores determinantes del desplazamiento de la curva láctica hacia la derecha como resultado del entrenamiento: N. potencia de contracción de los músculos; ST. fibras musculares lentes; FT. fibras musculares rápidas; AT. umbral anaeróbico.

En virtud de estas nociones se ha elaborado una concepción metodológica del desarrollo de la resistencia muscular local con empleo de procedimientos de fuerza especializados (Y. Verkhoshansky, 1985, 1988, 1992), cuya idea se presenta de forma esquemática en la Fig. 18.12.

En correspondencia con esta concepción, al principio (1^a etapa) se produce un desplazamiento hacia la derecha de la parte inferior de la curva láctica (de la posición 1 a la 2) a causa del trabajo específico en distancia al nivel del umbral anaeróbico que posibilita el aumento de las propiedades de oxidación de las fibras musculares lentas.

En la segunda etapa, el desplazamiento de la curva láctica a la posición 3 se debe al trabajo especializado en fuerza de carácter local. Este trabajo debe estar orientado al aumento de la potencia de contracción de los músculos (de las fibras tanto rápidas como lentas), lo cual en la práctica garantiza un aporte de energía de trabajo más económico y un aumento de la longitud de la «zancada» en las locomociones cíclicas.

Por último, en la tercera etapa el desplazamiento de la curva láctica a la posición 4 se alcanza gracias al aumento de la potencia de oxidación de las fibras musculares rápidas. Esto se consigue mediante un trabajo intenso en velocidad estrictamente dosificado y con empleo del método interválico.



Hidden page

siológicos del organismo de cara al trabajo de alta intensidad y, en segundo lugar, una sucesión determinada de su desarrollo en cada ciclo anual que conduzca de manera planificada a un aumento de la capacidad específica de trabajo del organismo del deportista. Esta sucesión determina la inercia adaptativa de los diferentes sistemas fisiológicos y establece la duración, especificidad y magnitud óptimas del volumen de influjos de entrenamiento que son objetivamente necesarios para garantizar las imprescindibles reestructuraciones adaptativas para cada uno de ellos.

No es difícil apreciar que los tres principios están estrechamente interrelacionados, se complementan entre sí y trazan la principal línea estratégica de organización del proceso de entrenamiento, que establece un aumento gradual de la velocidad del ejercicio de competición en el período preparatorio con un perfeccionamiento planificado de las funciones de los sistemas cardiovascular, respiratorio y hormonal y una preparación especial de los sistemas musculares que preceden al inicio del trabajo intenso.

La práctica ha demostrado que seguir estos principios garantiza un efecto de entrenamiento más acusado en el desarrollo de la resistencia muscular local, acompañado de gastos globales de energía significativamente inferiores y un menor volumen de trabajo de entrenamiento en distancia y sin una intensificación prematura excesiva e injustificada de las funciones de los sistemas hormonales y cardiovascular del organismo (Y. Verkhoshansky, 1988, 1992).

Hidden page

Conclusión

311

Volvamos ahora al principio del libro, donde se explicaba que el momento más dramático dentro de la profesión de entrenador resida tal vez en la selección y toma de decisiones relativas a la elaboración de la estrategia global del entrenamiento y a la búsqueda de las variantes óptimas de estructuración del proceso de entrenamiento en todos sus niveles y etapas y en todos sus detalles.

Lo dramático de ese momento se debe a las posibilidades todavía altas de tomar una decisión dudosa o errónea. Estos errores se producen con frecuencia en el trabajo del entrenador. Lo sé muy bien, puesto que yo mismo he tenido una larga, espinosa y generosa carrera como entrenador y he cometido en su momento numerosos errores. Por ello que los entrenadores no se ofendan si a continuación llamo la atención sobre una serie de causas típicas que engendran tales errores. Espero que esto les prevenga contra las complicaciones y decepciones que acarrean estos errores.

Así pues, las causas son las siguientes:

- La incapacidad de distinguir lo más importante en la organización del proceso de entrenamiento. El entrenamiento exige la resolución

de muchas tareas y todas ellas poseen una gran importancia. Al esforzarse por resolverlas todas en condiciones de tiempo limitado, el entrenador, por lo común, pierde de vista la importancia de cada una de ellas de cara al resultado final del entrenamiento. Se esfuerza por resolver totalmente todas las tareas y con ello dispersa y desperdicia improductivamente mucho tiempo y energía del deportista en un trabajo poco eficaz.

Si se para a reflexionar y se hace una idea acertada de la orientación principal del entrenamiento en general y en sus detalles individuales, le será más fácil distinguir las principales tareas y clasificarlas todas por su grado de relevancia y por su orden racional de resolución. Como resultado, muchas tareas de segundo orden se resolverán por sí solas durante el proceso de resolución de las principales. La organización completa de la carga del entrenamiento adquirirá una rigurosa orientación lógica hacia la realización de la línea estratégica principal de la preparación del deportista. Se aumentará la eficacia de la resolución de todas las tareas con una considerable reducción del gasto de tiempo y energía del deportista.

- Formalismo, es decir, la aceptación sin crítica de unos u otros postulados, normas y recomendaciones metodológicas para organizar el proceso de entrenamiento, encontradas en publicaciones o declaraciones de los especialistas. El entrenador con frecuencia sigue estas recomendaciones mecánicamente, en lugar de analizar y valorar con atención su relevancia científica y utilidad práctica. Conviene respetar las opiniones de las autoridades en la materia, pero hay que interpretarlas teniendo en cuenta las condiciones reales en las que trabaja el entrenador y la tarea que tiene por resolver.
- Extremismo. El entrenador por lo general se esfuerza siempre por desempeñar su cometido en el entrenamiento lo mejor y, sobre todo, lo más rápido posible. Se trata, en principio, de un esfuerzo positivo, pero cuando ese esfuerzo conduce, por ejemplo, a la resolución de emplear antes de tiempo los procedimientos específicos más energéticos,

haciendo caso omiso de la conocida recomendación metodológica de graduar racionalmente el aumento de la intensidad de la carga, estamos hablando ya de un extremo imperdonable.

El extremismo se manifiesta también –lo cual es muy peligroso– en la dosificación desmedida de los influjos de entrenamiento. Por ejemplo, cuando en lugar de las 10 repeticiones recomendadas de un ejercicio el entrenador decide efectuar 15, creyendo que así será mejor. Sin embargo, más no quiere decir necesariamente mejor. En relación con esto, quiero recordar el caso de un entrenador que trató de poner en duda la eficacia de ejecutar impulsiones después del salto en profundidad desde una altura de 0,75 metros para desarrollar la fuerza explosiva y la capacidad reactiva de los músculos y escribió un artículo en el que recomendaba efectuar el salto desde una altura de 3 m (!). He aquí una muestra de extremismo del entrenador que puede acarrear enormes dificultades para los deportistas.

- Conservadurismo, que se traduce en el apego dogmático a una u otra concepción, principio, método o incluso procedimiento singular de entrenamiento. Con mucha frecuencia, el entrenador no se decide o teme cambiar en algo el sistema de entrenamiento que en algún momento lo haya llevado al éxito. Este apego ciego al dogma le dificulta a la hora de comprender y aceptar una idea nueva o cambiar diametralmente su método de entrenamiento y, a fin de cuentas, le cierra el camino del progreso. Un claro ejemplo de ello es la dificultad para liberarse de los dogmas de la concepción conocida como «periodización» del entrenamiento que durante muchos años han imperado en el deporte. Se dificulta la aceptación de nuevas ideas y principios progresistas de estructuración del entrenamiento, basadas en fundamentos científicos y en una práctica deportiva vanguardista.
- Oscurantismo, esto es, una relación negativa con la ciencia deportiva y, en concreto, con disciplinas tales como la fisiología, la bioquímica y la biomecánica de los ejercicios deportivos. Se trata tal vez del error

Hidden page

- el factor básico que asegura el resultado deportivo y el crecimiento del nivel deportivo
- el componente fundamental de la técnica deportiva, ya que ésta no podrá ser analizada fuera de la velocidad del movimiento
- el principal índice integral del nivel deportivo
- el balance resultante y criterio objetivo de la evaluación de la efectividad del proceso de entrenamiento
- el principal objetivo en la organización del proceso de entrenamiento.

Abora se tiene que definir: cómo deberá crecer la velocidad en la etapa de entrenamiento a largo plazo

Aquí nos encontramos con dos posibles alternativas (figura, I): aumento rápido (A) y gradual (B) de la velocidad del ejercicio de competición (V) o el mismo tipo de referente como es la potencia de los esfuerzos a desarrollar. La elección está determinada por conocimientos profesionales, experiencia y conocimientos teóricos del entrenador.

Por ejemplo, muchos entrenadores se orientan por los principios formalmente lógicos:

- la velocidad deberá ser prevista y planificada en el proceso de entrenamiento semanalmente, mensualmente y anualmente
- si objetivo principal es la velocidad, no es recomendable cambiarla
- la velocidad conseguida durante el período competitivo de verano no deberá ser mantenida durante el invierno
- aunque en la etapa de entrenamiento de invierno, la velocidad deberá también ser foco de atención
- es mejor correr 100 kilómetros por semana con carga específica de velocidad que correr 200 kilómetros a baja intensidad, etc.

Siguiendo esta lógica, los entrenadores prefieren la alternativa A y cometen un gran error, porque entrenar la velocidad por medio de la velocidad es algo carente de perspectiva.

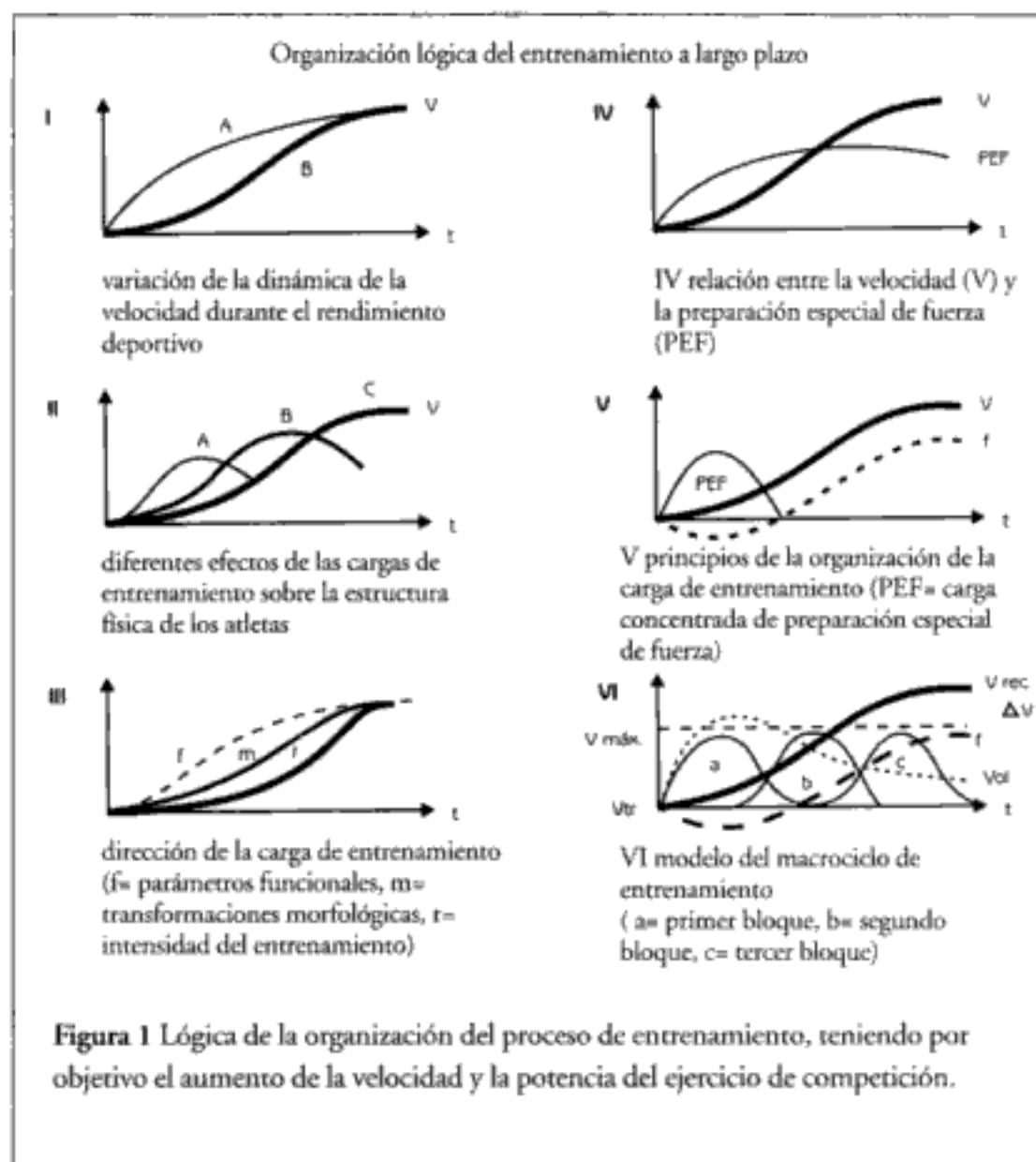


Figura 1 Lógica de la organización del proceso de entrenamiento, teniendo por objetivo el aumento de la velocidad y la potencia del ejercicio de competición.

Porque la intensificación excesiva y anticipada del trabajo muscular en el régimen específico de competición lleva a un aumento rápido de las capacidades funcionales del organismo (figura I, II, curva A). Pero tal aumento no es considerable y se mantiene por poco tiempo. Al contrario, el aumento gradual de la intensidad de trabajo durante un tiempo prolongado asegurará un crecimiento más alto y más estable de las capacidades funcionales (figura 1, II, curvas B y C).

Hidden page

Esto provoca las reestructuraciones morfológicas primarias en el organismo (figura 1, III, curva m), las cuales deberán ser desarrolladas en el inicio y consolidadas por medio de cargas específicas extensivas. Solamente después de esto, será posible aumentar la intensidad de los medios de entrenamiento específicos (figura 1, III, curva r), perfeccionando al mismo tiempo la capacidad del deportista de realizar con eficacia su nuevo nivel funcional. Considerando todos estos argumentos, será más racional la alternativa que consiste en el aumento gradual de la velocidad (potencia de los esfuerzos) de realización del ejercicio de competición en el instante de las intervenciones importantes (figura 1, I, curva B).

En las modalidades de velocidad y fuerza, esto permitirá regularmente preparar el sistema locomotor para los esfuerzos explosivos intensos, perfeccionando al mismo tiempo la habilidad para hacer el ejercicio competitivo de intensidad moderada.

En las modalidades cíclicas y los juegos deportivos, el trabajo con una velocidad predominante (nivel de umbral anaeróbico) asegura la capacidad de aumento regular del volumen de las cavidades del corazón y, seguidamente, de la potencia del miocardio, de la formación de las reacciones periféricas vasculares adecuadas y del perfeccionamiento continuo morfológico de las fibras musculares lentas y rápidas.

Si habitualmente realizamos el ejercicio deportivo con una velocidad moderada, puede suceder que nuestro organismo no se adapte al régimen de velocidad de trabajo en el momento de las competiciones principales. Aparte de esto, en las modalidades cíclicas y en los juegos deportivos, los músculos, en este caso, que reciben la carga principal, van atrasados en relación con los sistemas vegetativos en el ritmo y nivel de perfeccionamiento funcional, limitando el crecimiento de la capacidad especial de trabajo del deportista.

Por esto, para excluir los factores mencionados y preparar el organismo para el trabajo de velocidad sin peligro de sobrecarga funcional, sería racional, al inicio, cuando el ejercicio competitivo se realiza con veloci-

Hidden page

régimen específico especializado deberá activar las funciones de todos (sin excepción) los sistemas fisiológicos vitales del organismo y movilizarlos para el mantenimiento de su capacidad de trabajo especial. Debido a la modalidad deportiva, eso podrá consistir concretamente tanto en el desarrollo de la potencia de los procesos de liberación de la energía para un régimen necesario de trabajo muscular como en el aumento del volumen de las respectivas fuentes energéticas.

Es preciso, también, considerar que en las fases de éxitos deportivos podrá ser aprovechada la energía de la deformación elástica muscular (energía no metabólica) para aumentar la eficacia del trabajo mecánico. Este fenómeno, también conocido como la recuperación de la energía acumulada durante la extensión muscular, es un factor importante para aumentar el nivel de eficacia y economía de los movimientos del hombre, por ejemplo, en una carrera o en los saltos. Deberá ser considerada la organización del sistema de movimientos biomecánicamente objetivada, en la cual se usa eficazmente tanto la energía metabólica como la no metabólica. Por esto, la PFE deberá incluir los medios especialmente orientados para el perfeccionamiento de las capacidades elásticas musculares y de las capacidades reactivas del sistema neuromuscular (ANM).

Siendo así, el sentido de la intensificación del régimen de trabajo del sistema locomotor por los medios de la PFE no consiste solamente en el desarrollo de la fuerza muscular, sino en el aumento del potencial energético del organismo y en la capacidad de utilizar ese potencial al completo en condiciones semejantes a las de la actividad competitiva bajo los parámetros mecánicos externos.

Esta tesis es muy importante para la elaboración de la metodología de la PFE. En la práctica, ésta se orienta hacia el perfeccionamiento de las capacidades de contracción, oxidación y elásticas de los músculos esqueléticos, los cuales, siguiendo la especificidad motora de la especialidad deportiva, aseguran tanto el aumento del valor máximo del esfuerzo eficaz como el perfeccionamiento de las capacidades para manifestar esfuerzos explosivos o un desarrollo de la resistencia muscular local.

Realizando la mencionada estrategia de formación del macrociclo anual de entrenamiento, se debería considerar lo siguiente.

La concentración de las cargas de la PFE (figura 1, V, PEF) conllevará una disminución de los índices funcionales de la capacidad específica de trabajo (*f*), lo que volverá imposible el perfeccionamiento de los mecanismos de coordinación fina de la técnica deportiva (*o*) o de la velocidad del ejercicio de competición. Pero la disminución de los índices funcionales, en ese caso, es un fenómeno pasajero; después de la realización del volumen concentrado de las cargas de la PFE aparece el denominado efecto de entrenamiento retardado, el cual consiste en un crecimiento considerable y estable de los índices funcionales hasta un nivel superior al inicial. Por eso, las cargas concentradas de la PFE y las cargas orientadas principalmente hacia el perfeccionamiento técnico o el aumento de la velocidad del ejercicio de competición no pueden ser planificadas al mismo tiempo, deben de estar separadas en el tiempo.

En otras palabras, las cargas de la PFE deberán anticipar el trabajo intenso de la técnica y de la velocidad del ejercicio competitivo, esto es, adelantar ese trabajo en el tiempo. En ese caso, van a preparar el organismo para el trabajo de alta intensidad y el trabajo con la técnica y la velocidad del ejercicio de competición, es decir, en las condiciones exclusivamente favorables. En lo que se refiere a la velocidad (potencia) de la realización del ejercicio de competición, es decir, su máximo valor al inicio de la etapa de entrenamiento, disminuirá en relación con el nivel conseguido en el período anterior (figura 1, VI, V Max.). Después, poco a poco, aumenta, volviendo a ese nivel y, finalmente, superándolo (*aV*), asegurando los resultados planificados. El nivel de preparación física especial de los deportistas de élite es tan alto que para su aumento serán necesarios los medios de entrenamiento más fuertes, lo que se realiza por el uso concentrado de las cargas de la PFE que llevan a la disminución temporal de los índices funcionales específicos (*f*). Por ello, tenemos el esquema general, o sea, el modelo principal de organización del entrenamiento orientado hacia el aumento de la velocidad del ejercicio de

competición (figura I, VI). La curva "a" simboliza las cargas de la PFE, y la curva "c" representa las cargas competitivas a lo largo del ciclo de entrenamiento. Entre ellas están las cargas (curva "b") que corresponden al entrenamiento de la velocidad (V) y a la recuperación acelerada de los índices importantes de la capacidad específica de trabajo del deportista (f). De ahí es fácil concluir que las cargas "B" desempeñan un importante papel en el ciclo de entrenamiento. Su orientación predominante consiste en la adaptación del organismo al régimen de velocidad. El dominio de estabilidad y la condición de la preparación del organismo para el estado de alta forma competitiva (cargas "c"). Por ello, las cargas competitivas aquí sirven como medios de aumento de la capacidad de trabajo específico (f) y de velocidad de realización del ejercicio de competición hasta el mayor y más alto límite posible (Verc).

Siguiendo esto, el entrenamiento orientado hacia el aumento de la velocidad de realización del ejercicio de competición incluye tres etapas unidas por la lógica de la preparación del deportista para las competiciones.

- Etapa básica – tiene como objetivo el aumento del potencial motor del organismo como una condición objetivamente necesaria para el éxito del trabajo sobre el aumento de la velocidad del ejercicio de competición. Esta tarea podrá ser cumplida por los medios de la PFE.
- Etapa especial – busca el dominio de la habilidad en el ejercicio competitivo a altas velocidades (potencia). Por eso, se usan, principalmente, las cargas que modelan las condiciones de la actividad competitiva.
- Etapa competitiva – tiene como objetivo el aumento continuo de la velocidad de realización del ejercicio competitivo hasta el máximo posible.

Las secuencia lógica y la continuidad de las etapas es la siguiente:

- en la etapa básica, se realiza la preparación morfológica del organismo para un régimen específico de velocidad

- en la etapa especial, basándose en la preparación preliminar morfofuncional, se perfeccionará la capacidad de realizar el ejercicio deportivo altas velocidades y se crean las condiciones para la participación con éxito en las competiciones
- en la etapa competitiva, se realiza el objetivo principal de la preparación: conseguir el más alto nivel de velocidad y conseguir los resultados deportivos planificados.

Ahora, dos observaciones al respecto del modelo analizado de entrenamiento:

- primero, las curvas "a", "b", "c" (figura 1, VI) simbolizan no el volumen de las cargas, sino más bien, la orientación predominante de su medio de entrenamiento que influye en el organismo del deportista en esa etapa.
- segundo, reseñamos que el modelo de entrenamiento expresa la idea principal, la organización y planificación para los deportistas de alto nivel, sin relacionarlo en un tiempo concreto y a un calendario de competiciones. En la práctica, esa idea deberá ser aprovechada considerándose la especificidad promotora de la especialidad deportiva, el calendario tradicional y el reglamento de las competiciones.

Por ejemplo, en ciertos casos, tomando la tendencia del aumento progresivo de la velocidad del ejercicio competitivo, su dinámica real podrá poseer un carácter ondulatorio. Esto significará el aprovechamiento periódico de los regímenes de velocidad más alta, lo que es posible en la etapa "b", donde crece la intensidad del trabajo de velocidad. También, conviene recordar que el crecimiento de la velocidad deberá ser dosificado y reglamentado para no provocar una sobrecarga excesiva y prolongada del organismo. Por esto, es racional destacar tres niveles de velocidad en el tiempo:

- máxima (de record), será planificada para el momento de las competiciones principales y es la principal tarea del entrenamiento;

- submáxima, es la que el deportista es capaz de realizar en un momento dado, en el período preparatorio, sin provocar la sobrecarga de las funciones del organismo y tampoco perturbar la estructura de los movimientos;
- predominante (submáxima), cuando se realiza el volumen principal de entrenamiento de velocidad.

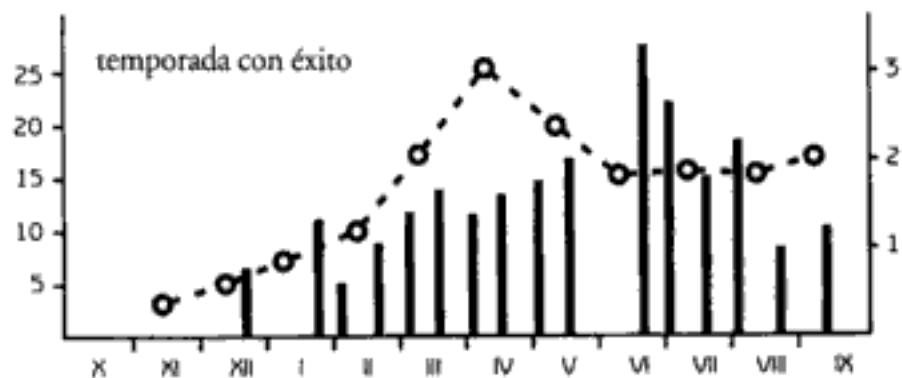
La organización del entrenamiento deberá abarcar el aumento regular de la velocidad predominante y, periódicamente, usando la máxima velocidad, pero sin abusar de su porcentaje en el volumen total de trabajo de entrenamiento, aproximándose a la velocidad máxima o de record.

Concluyendo, es necesario destacar que el entrenamiento de velocidad se podrá volver un medio efectivo de entrenamiento sólo en el caso en que el deportista esté en forma para él. En otras palabras, para que el entrenamiento de velocidad provoque cambios progresivos en el organismo, éste deberá estar muy alto, sin producir reacciones excesivas del organismo ni perturbaciones del proceso de adaptación.

La figura 2 representa un único caso de observación del proceso de entrenamiento de un mediofondista y un fondista, y muestra la dinámica de la intensidad de la carga de entrenamiento (interlineado) y los resultados competitivos en varias distancias (columnas), representados en unidades convencionales. En el primer año (arriba), aumentando regularmente la intensidad del trabajo de carrera, el corredor demostró en el período competitivo los mejores resultados (mayo, junio). Al año siguiente, él decidió la intensidad de entrenamiento y, al contrario (enero, marzo), uso la carrera de alta velocidad, lo que resultó ser una perturbación del proceso de adaptación y provocó peores resultados en el período de competición.

Por todo esto, el trabajo de velocidad a alta intensidad deberá ser iniciado con cuidado, sin que en el momento de ser utilizado el sistema locomotor, el sistema central de dirección de los movimientos, su coordinación y los mecanismos de aprovisionamiento energético estén lo suficientemente preparados por los medios de la PFE.

Comparación de la carga de entrenamiento y de los resultados competitivos en corredores de medio fondo en dos temporadas consecutivas



porcentaje de intensidad de la carga
de entrenamiento (velocidad media)



resultados de competiciones en diferentes
distancias (resultado medio)

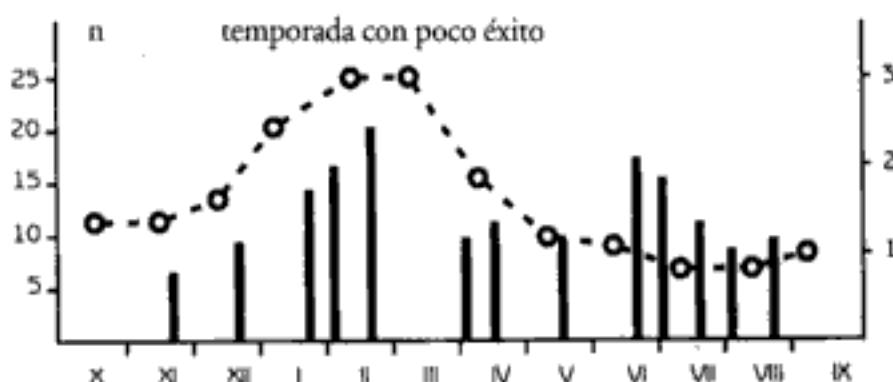


Figura 2 Resultados de varios modelos de organización del entrenamiento en el ciclo anual de corredores-mediofondistas y fondistas.

Un error de muchos deportistas (principalmente de los velocistas) consiste en lo siguiente:

- primero, durante el período preparatorio, comienzan a usar la velocidad máxima muy pronto sin previa preparación funcional, y su valor (el de la velocidad) preferencial deberá ser adecuado al deportista;
- segundo, ese trabajo de velocidad no está coordinado con la preparación física especial realizada al mismo tiempo; en esta situación, estas dos tareas no se cumplen, perjudicando una a la otra y, principalmente, en la etapa especial, cuando el entrenamiento de velocidad se vuelve más importante. La figura 3 presenta la interrelación de la dinámica del volumen de los medios de preparación especializada de fuerza y de salto, la elasticidad muscular y los resultados de los test de control en el triple salto de velocistas de alto nivel.

Es fácil observar que el aumento del volumen de los medios de la PFE ([4-6](#) y [8-9](#) semanas) lleva a un aumento de la rigidez muscular (elevación de las curvas A, B y C) y a la disminución del efecto útil de los esfuerzos explosivos (el peor resultado en el triple salto sin impulso). Por ello, se crearon condiciones desfavorables para el perfeccionamiento de la velocidad de carrera, si ése era al objetivo principal del entrenamiento.

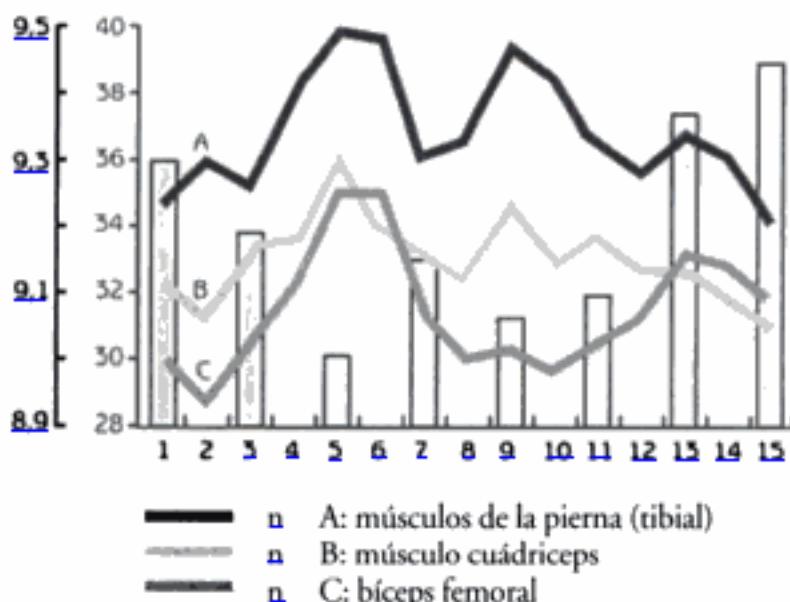
Constatándose también que la carga de entrenamiento aumentada (aunque especializada) lleva a una disminución de la velocidad de contracción muscular y crea predisposición hacia las lesiones.

Por esto, en el período en que deberá ser cumplida la tarea de la preparación a alta intensidad de la velocidad (hasta la máxima) es el propio trabajo de velocidad el que se vuelve un medio de la PFE, y las demás cargas deberán ser minimizadas. El entrenamiento de velocidad deberá ser realizado como máximo dos veces por semana. El tiempo restante de entrenamiento deberá ser dedicado a la recuperación del organismo y a su preparación para una nueva sesión de entrenamiento de velocidad.

Conclusión

Relación entre las curvas del volumen de entrenamiento especial medio para la fuerza y capacidades de los velocistas

Propiedades elásticas de los músculos y resultados en el triple salto desde parado



327

Curva del volumen de entrenamiento especial medio para la fuerza

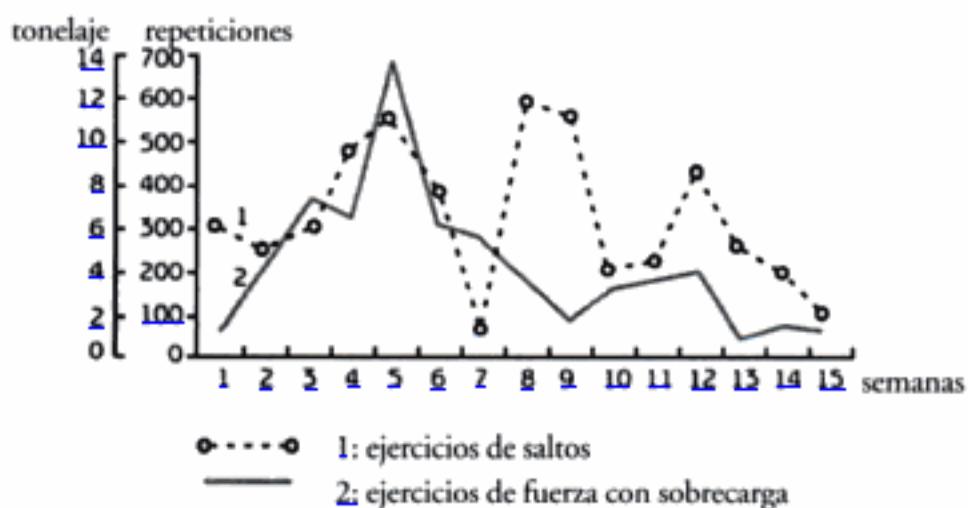


Figura 3 Relación y dependencia entre la elasticidad muscular y la dinámica del volumen de los medios de preparación física especial de los velocistas.

Músculos: a- tibial; b – cuádriceps; columnas – resultado en el triple salto sin impulso; 1 – ejercicios de salto; 2 – ejercicios con barra de pesas.

Se debe reseñar que este entrenamiento en la etapa precompetitiva es posible y recomendable solamente en el caso de la realización de las cargas concentradas de la PFE en el período preparatorio debido al desarrollo de la resistencia muscular local y al aumento regular de la velocidad de realización del ejercicio de competición. Esto nos lleva a las siguientes conclusiones:

- En etapas largas, no es recomendable usar el trabajo altas velocidades. Al mismo tiempo, la alta velocidad es recomendable en la etapa precompetitiva si su uso estaba preparado por todo el proceso de entrenamiento anterior y si fue prevista la recuperación inteligente de las funciones del organismo y del sistema locomotor después de los problemas con la técnica.
- En relación con sistema locomotor, el sistema muscular posee una mayor inercia de adaptación en comparación con los sistemas vegetativas. Por esto, el principal objetivo del entrenamiento de la velocidad consiste en la preparación preliminar del sistema muscular para el régimen específico de trabajo de la velocidad. Eso no deberá ser realizado por las altas velocidades, sino, más bien, por los medios de la preparación especializada (incluyendo a la fuerza).
- En la etapa competitiva, si el sistema de entrenamiento fue organizado racionalmente (figura 1, VI), el trabajo específico de velocidad con el máximo nivel de intensidad se vuelve el principal medio de entrenamiento para el progreso de los éxitos deportivos. Eso solamente será posible en el caso de la realización de los objetivos de las dos primeras etapas o bloques.
- La preparación física especial deberá anticipar el trabajo intensivo orientado hacia el aumento de la velocidad y de la técnica del ejercicio de competición. Por ello, disminuye la probabilidad de éxito cuando el nivel de preparación funcional es insuficiente, pudiendo limitar el proceso de perfeccionamiento de la técnica y de la velocidad del ejercicio de competición.

Hidden page

Hidden page

en el ejercicio deportivo básico. De ahí que el período preparatorio debía estar formado de la manera en que fuese asegurada la influencia selectiva de todas las capacidades físicas básicas ya que de ellas dependían los éxitos deportivos. En el macrociclo, fue considerado racional el desarrollo paralelo de las capacidades físicas en correlación con diferentes volúmenes de los medios en ciertas etapas de entrenamiento. Aparte de esto, se afirmaba que la preparación unilateral orientada hacia el desarrollo de una capacidad sólo podría llevar a varios fenómenos negativos en los mecanismos centrales de regulación de los movimientos.

Según las teorías contemporáneas, el fenómeno de la especificidad de las capacidades motrices no está basado en la naturaleza genética de los mecanismos fisiológicos cualitativamente diferenciados, funcionalmente aislados y en el mecanismo de su síntesis, pero, sí en el mecanismo de la especialización morfológica del organismo. Toda la variedad de las tareas motrices (por ejemplo, la halterofilia, la natación, el baloncesto, etc.) están realizadas por los mismos grupos musculares, por el mismo sistema nervioso central y abastecida por las mismas fuentes energéticas.

Pero, gracias a la universalidad funcional y a la plasticidad, el organismo en un caso se adapta a un trabajo caracterizado por esfuerzos explosivos impotentes o a la resistencia y a un mantenimiento de un alto nivel de capacidad de trabajo en actividades intermitentes. Esta adaptación abarca todos sus sistemas vitales: nervioso central, neuromuscular, vegetativo, energético y hormonal, los cuales se adaptan al trabajo en un régimen respectivo motor. Nosotros ya abordamos casos concretos de la manifestación del fenómeno de la especificidad ilustrándolos en el capítulo 17 en los resultados en el uso de varios métodos de entrenamiento de la fuerza (figura 17. 3), y también con ejemplos del perfil funcional del músculo tibial de atletas (figura 17. 2), y las curvas láctica de los nadadores (figura 18.7). En los últimos dos casos, debemos reseñar que, a pesar de la orientación general de la especialización morfológica del organismo, propia de un régimen cíclico, es fácil notar las diferencias especí-

Hidden page

basados en la vía energética aeróbica, a la síntesis de proteínas de las mitocondrias.

En todos estos casos, tiene lugar la síntesis de fermentos, cuyo conjunto predominante muestra un carácter específico de adaptación a unas particularidades concretas de aporte energético de la actividad muscular (A. Viru, 1981; N. Yakovlev, 1983).

En esta colaboración hemos mencionado que toda hormona desempeña un papel específico: induce la síntesis con los glucocorticoides de los fermentos de la gluconeogénesis que asegura el crecimiento del potencial energético del organismo a costa del aumento de las reservas de glucógeno; induce la síntesis de fermentos del metabolismo de los aminoácidos, muy importante para un aprovechamiento de la reserva plástica del organismo y la preparación de los aminoácidos para la síntesis de las proteínas, cuyo conjunto está determinado por la actividad funcional durante las cargas de entrenamiento. Como se sabe, la formación y el perfeccionamiento de las capacidades motoras están basados en la reacción integral de adaptación del organismo, para llevarlo a su especialización morfológica. Su orientación selectiva de está determinada por el régimen de trabajo del organismo en unas condiciones de actividad deportiva y está caracterizada por la formación de la estructura funcional especializada de la capacidad de trabajo deportivo. La estructura especializada funcional no es un mecanismo universal. Ella es muy específica, está formada para actividad muscular concreta, y determina principalmente la capacidad de trabajo físico del organismo, ya que implica máxima intensidad de sus funciones. Para ella, es propio el proceso a largo plazo de la formación resultante de un entrenamiento especializado y basado en un perfeccionamiento selectivo (especializado) de las capacidades funcionales de los sistemas fisiológicos que son más predominantes en la actividad muscular.

El fenómeno de la especificidad desempeña un papel importante en la realización del mecanismo de entrenamiento y la formulación de los principios de formación y estructuración de la carga de entrenamiento.

Este fenómeno está manifestado tanto en la formación de las capacidades motoras como en todas las reacciones del organismo a la carga de entrenamiento y a su organización, y están relacionadas con:

- secuencia de funcionamiento de los grupos musculares en el movimiento y con la organización del movimiento (especificidad de la habilidad)
- velocidad del movimiento (rápida, lenta)
- régimen de trabajo muscular (isométrico, máximo y submáximo)
- mecanismos de relajación muscular
- carácter de la contracción muscular (explosivo, cílico, balístico)
- reclutamiento predominante de las fibras musculares lentas y rápidas
- fuente y mecanismo de aporte energético muscular.

Ahora, podemos hablar del *principio de la especificidad* para la organización del proceso de entrenamiento. Su idea principal consiste en el entrenamiento y en todo su contenido, que deberá garantizar la formación de las capacidades funcionales cualitativas del organismo que conducen al éxito predominante del deportista.

La importancia de este principio se vuelve evidente si recordamos que el contenido del proceso de entrenamiento incluye un gran complejo de medios, muchas veces diferentes, de regímenes y de los parámetros que determinan el carácter específico de la especialización morfológica del organismo. La ordenación de esos medios en un cuadro racional es el gran arte de la profesión de entrenador y esto necesita conocimientos especiales.

Esta cuestión no será analizada aquí; concentraremos la atención en una regla de la colaboración de los efectos de entrenamiento: la aplicación de medios de diferente orientación (Y. Verkhosnaski, 1977, 1985, 1988). Se sabe:

El organismo reaccionará a los medios de entrenamiento de diferente orientación predominante (distantes de su especificidad motora) con una reacción nivelada de adaptación.

El organismo reacciona a los medios de entrenamiento con una orientación predominante, pero de régimen diferente (carácter, intensidad, fuerza) del trabajo muscular, con la reacción acumulativa, cuantitativamente más pronunciada de lo que se asegura por parte de cada uno de esos medios por separado. El ejemplo de esto se presenta en la figura 4.

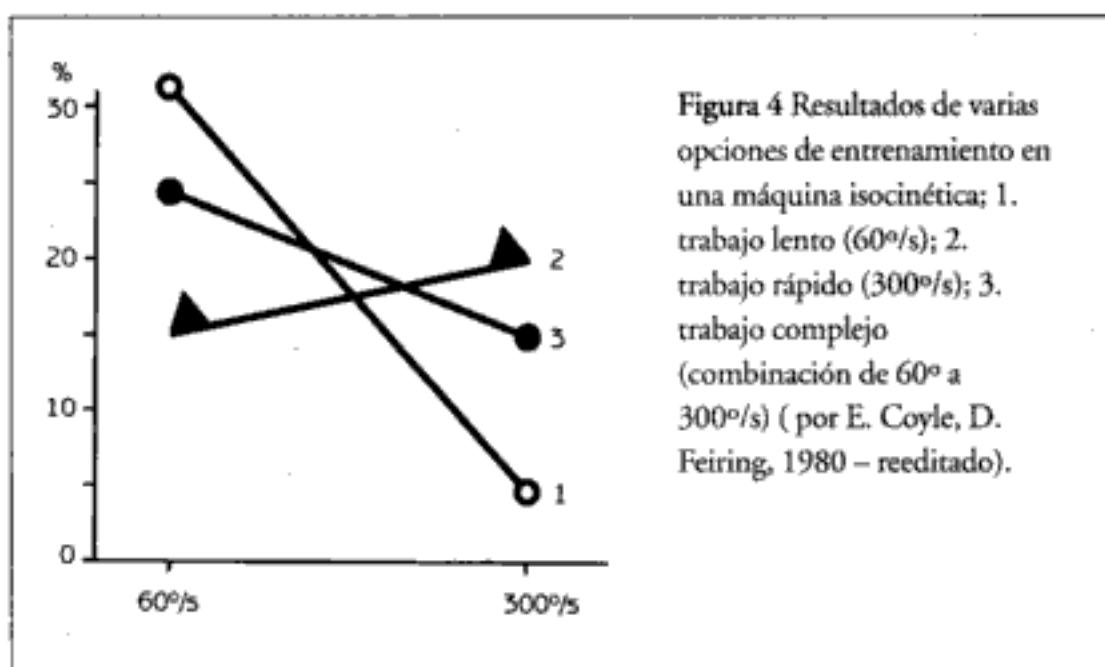


Figura 4 Resultados de varias opciones de entrenamiento en una máquina isocinética; 1. trabajo lento ($60^{\circ}/s$); 2. trabajo rápido ($300^{\circ}/s$); 3. trabajo complejo (combinación de 60° a $300^{\circ}/s$) (por E. Coyle, D. Feiring, 1980 – reeditado).

Es fácil notar que la combinación de los medios está diferenciada por la especificidad motora (trabajo con velocidad de 60 a 300 grados/s) y que dará como resultado un aumento de la fuerza muscular, en comparación con las posibilidades de todos los regímenes por separado. El segundo punto de la regla está ilustrado por la figura 5.

En este caso, el uso de una combinación de cargas con una orientación predominante, pero diferentes en el régimen de trabajo muscular (trabajo con sobrecargas de peso del 30-50% y del 70-90% del máximo), asegura el crecimiento de la potencia de los esfuerzos en mayor medida de lo que cada uno de esos regímenes por separado. Hoy en día, sin profundizar en la problemática de la especificidad de los medios de entrenamiento, debemos entender que, manipulando solamente el volumen y la

Hidden page

Hidden page

Hidden page

ra mencionado en el capítulo 6. La orientación predominante es el objetivo que orienta la organización del sistema de movimientos para la realización del ejercicio deportivo. Por ejemplo, en el salto de longitud, existen varias formas de realización del impulso, pasos de pre-salto, movimientos de vuelo y métodos de aterrizaje, pero la orientación principal (objetivo motor) es una sola y constante –“más rápido del impulso, más fuerte en la batida”. La realización de la orientación predominante de la acción es un principio metodológico importantísimo del dominio y perfeccionamiento de la técnica deportiva, cuyo sentido puede ser ilustrado por el ejemplo del triple salto con impulso. Como se sabe, la velocidad es el factor principal que garantiza el resultado, y el aumento de la velocidad es el objetivo principal de la preparación del saltador. Por esto, trabajando la técnica, será racional el método de realización del salto con pleno impulso y velocidad paulatinamente creciente (de entrenamiento en entrenamiento) (figura 6). Es importante reseñar que, viendo el modo de realización de la orientación predominante de una acción, es racional dar preferencia al método integral de enseñanza conocido en la metodología del entrenamiento. Fundamentalmente, se trata de ejercicios de estructura motora compleja. El sentido del método integral consiste, primero, en el dominio del esquema general de los movimientos, su forma espacio-temporal y la estructura del ritmo; segundo, en la posibilidad de perfeccionar los detalles técnicos durante la realización del ejercicio integral. Este método es muy eficaz para dominar la habilidad de realizar el ejercicio deportivo con alta velocidad sin perturbar su técnica y para el perfeccionamiento de la estructura biodinámica del ejercicio deportivo. Para calificar la técnica deportiva, deberán ser utilizados dos regímenes de trabajo del organismo diferentes por su intensidad (potencia) de esfuerzos; el predominante y el máximo. El primero se usa en el perfeccionamiento de la estructura del ritmo y coordinación del ejercicio de competición o de sus elementos aislados; el segundo sirve para coordinar la estructura de ritmo y la coordinación y la biodinámica de los movimientos con un nivel elevado de preparación física especial del deportista. Es-

tos regímenes deberán ser distribuidos en el tiempo y también coordinados con todos los contenidos del proceso de entrenamiento, para que, al inicio del período de competiciones, garantice la capacidad de realizar el ejercicio básico con alta velocidad y máxima potencia de esfuerzo. Podemos considerar que, en la etapa de concentración de los medios de preparación física especial (etapa "A" en la figura 1, V) y debido a la disminución de la capacidad específica del organismo, el trabajo con la técnica de alta intensidad no es racional. Por ello, la atención se deberá concentrar en el entrenamiento de la estructura del ritmo, coordinación y detalles (elementos) del sistema de movimientos para un nivel nuevo y más alto de capacidad de trabajo del deportista, planificado según los objetivos de la preparación. Para esto, el entrenador posee, por lo menos, tres posibilidades metodológicas.

La primera comprende la realización integral del ejercicio de competición, no con plena fuerza, pero como objetivo de perfeccionar y guardar en la memoria el programa motor en el sistema nervioso central y la memoria sensomotora. La segunda posibilidad consiste en el perfeccionamiento de ciertos elementos del sistema integral de los movimientos, considerando las nuevas exigencias de su estructura rítmica (de fases) y biodinámica. La tercera posibilidad está relacionada con el perfeccionamiento de la coordinación muscular y la estructura biodinámica, aplicadas al régimen de trabajo de más alta intensidad que puede ser conseguido con el uso de las sobrecargas, así como con métodos de facilitación o intensificación de la dificultad en las condiciones de realización de los movimientos.

Para finalizar, vamos a formular algunos principios de la metodología racional del perfeccionamiento de la "maestría" (habilidad) técnico deportiva.

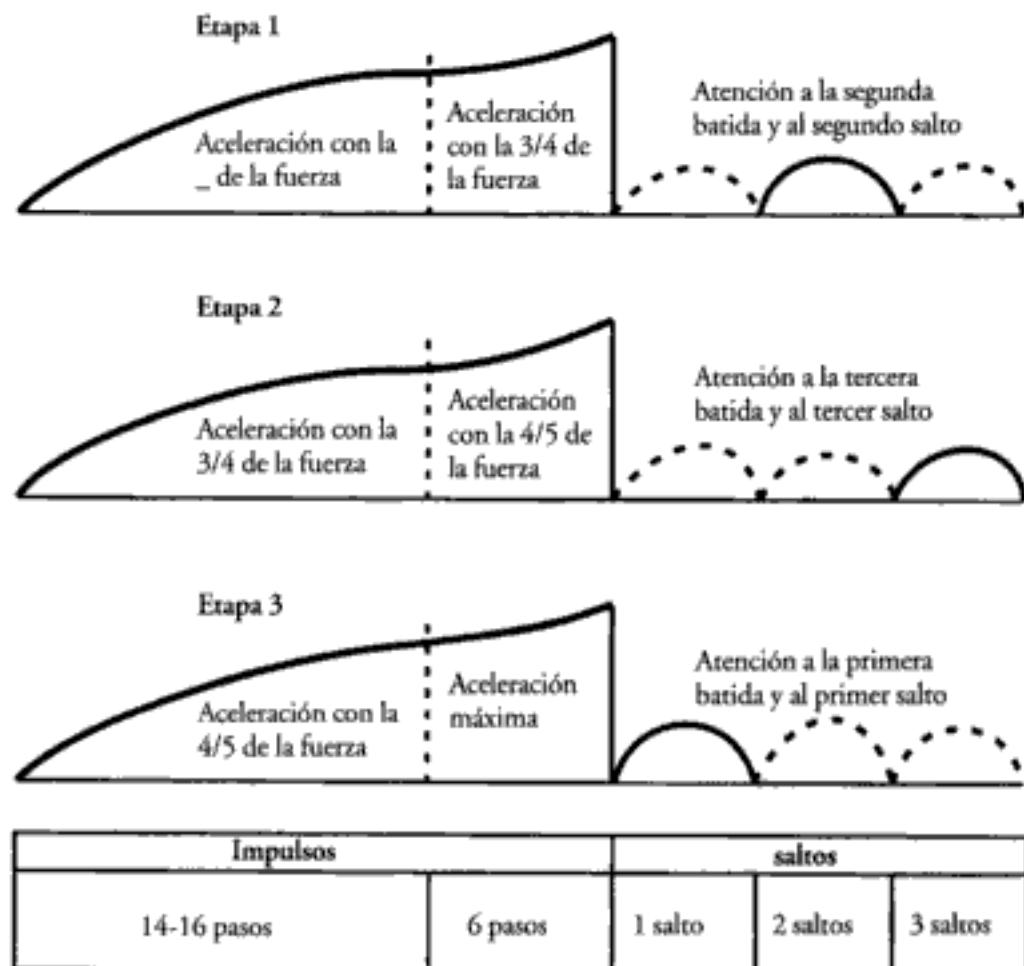


Figura 6 Esquema de las secuencias del perfeccionamiento de la velocidad de realización del triple salto con impulso.

Principio de la realización de la orientación predominante de una acción

Este principio consiste en la racionalización de no comenzar el estudio de la técnica deportiva y su futuro perfeccionamiento por el dominio de la forma espacial de los movimientos, pero sí procurando el método racional de la realización de una estructura semejante –propia a la acción motora. Después, basándonos en eso, formar y perfeccionar la debida es-

tructura biodinámica del ejercicio deportivo. Por ejemplo, la metodología tradicional de la enseñanza de salto de longitud con impulso es tarda basada en el dominio de la técnica de batida y caída con impulso corto (5-7 pasos), después se perfeccionó con un impulso medio y, finalmente, como impulso completo (20-22 pasos).

Yo elaboré y verifiqué en mi trabajo de entrenador una metodología no tradicional en el dominio de la técnica de salto de longitud. La idea es que el deportista, después de haber dominado preliminarmente la técnica de la carrera de velocidad, los ejercicios básicos de salto y haber aumentado la fuerza de sus piernas, pasara al dominio de la técnica de salto, realizando el impulso completo (20-22 pasos) y no el corto.

El impulso no deberá ser realizado con la fuerza máxima, sino con una aceleración en los últimos pasos. En la medida del dominio de esa tarea, si aumenta progresivamente la velocidad y, seguidamente, se aumenta gradualmente el ángulo de vuelo (principalmente a costa del aumento de la potencia de la batida), se estabiliza la distancia del impulso completo y se obtienen los primeros éxitos en las competiciones. Comparando las dos alternativas del dominio de la técnica de salto, observamos que la primera parte del objetivo es de adaptación de la velocidad del impulso a la batida y, la segunda, por el contrario, de batida a la velocidad del impulso. La ventaja de la segunda alternativa es evidente, porque la principal condición para un buen resultado en el salto es la velocidad, y el elemento del salto es asegurar el impulso y no la batida.

Aquí es interesante notar que ese principio podrá ser utilizado durante el perfeccionamiento de la técnica de salto de los deportistas de alto nivel. Por ejemplo, en mi experiencia como entrenador, se consiguió un resultado elevado de 7, 20 a 7, 60-7, 70 m. Pero, en este caso, existían complicaciones en la estabilidad de la distancia de impulso (los saltadores no siempre acertaban en la tabla de la batida), y con la eliminación de ese defecto se gastaba mucho tiempo y energía.

Hidden page

pio busca el perfeccionamiento regular y continuo durante el entrenamiento de muchos años en la capacidad del atleta de realizar su potencial motor a costa de una mejor organización del contenido motor del ejercicio deportivo. Concretamente, este principio busca la repetición periódica de cierta secuencia, con el aumento de la velocidad del ejercicio de competición (por ejemplo, en el triple salto, figura 6), siempre acompañado de un nivel más alto de preparación física especial. Así, se realiza una adaptación regular y sin dificultades a las nuevas condiciones del sistema locomotor ya formado, inclusive su reestructuración corriente de adaptación, si fuera necesario. Es natural que en cada modalidad deportiva, la idea del principio de enseñanza progresivo podrá y deberá poseer su propia característica, que está condicionada por la especificidad motora de la actividad deportiva.

La idea de este principio consiste en la evidente condición de que el trabajo con la técnica deportiva podrá tener éxito en el caso de que la preparación física sea la adecuada y anteceda ese trabajo. Un gimnasta joven no dominará la técnica de ningún elemento, si no tiene suficiente fuerza para eso. Un corredor nunca aumentará su paso en 1 centímetro, si no aumenta su nivel de resistencia muscular local. La figura 1 ilustra el esquema de la organización del proceso de entrenamiento usando este principio.

Principio de individualización del alto nivel técnico deportivo

Existen los principios, biomecánicamente objetivos, generales para todos, de organización de los movimientos deportivos. Pero, a pesar de esto, existen las particularidades individuales de carácter anatómico, morfológico, fisiológico, psicológico, genético, propias de cada deportista. Una metodología del dominio y perfeccionamiento de la "maestría" técnico deportiva consiste en la orientación de los fundamentos biomecánicos generales y al mismo tiempo el aprovechamiento máximo de las

Hidden page

ta podrá, rápida y eficazmente, realizar la tarea motora que surge de repente, hacer estereotipadamente los elementos simples del juego y los complicados, realizar la misma tarea motora, usando diferentes variantes de movimientos, realizar una acción de juego en condiciones alteradas, etc. El alto nivel motor (habilidad) en las modalidades de juego deberá estar basado en un alto nivel de las funciones vegetativas, en el volumen de los sistemas de aporte energético y en la capacidad del organismo de recuperarse rápidamente. En las modalidades de juego, la atención se deberá concentrar en la preparación técnica en estado de fatiga, principalmente sobre la precisión de los movimientos, por ejemplo en el pase del balón y en los lanzamientos a canasta en el baloncesto. Para esto, es racional perfeccionar la técnica de los lanzamientos, cuando la intensidad de las acciones motoras crecen poco a poco, llegando a unos niveles de hasta 180-190 pulsaciones por minuto.

Como el deporte en general, también en las disciplinas de juego el perfeccionamiento de habilidad técnica posee gran importancia en la preparación física especial. En las modalidades deportivas como el baloncesto, balonmano, rugby, fútbol americano y otros, es importante la llamada preparación física profiláctica.

Bibliografía

347

- ASTRAND, P. O. y RODAHL, K.: *Textbook of Work Physiology. Physiology Bases of Exercises*, 2^a ed. McGraw-Hill Book Company, 1977.
- BERNSTEIN, N. A.: «Sobre la organización de los movimientos» (en ruso), Moscú: 1947.
- «Ensayos sobre la fisiología de los movimientos y la actividad» (en ruso), Moscú: 1966.
- BOMPA, T. O.: *Theory and Methodology of Training*. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Co, 1985.
- BROOKS, G. A. y FAHEY, T. D.: *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications*, Nueva York: John Wiley and Sons, 1984.
- CARLSON, F. D., WILKIE, D. R.: *Muscle Physiology*, Englewood Cliffs, Nueva York: Prentice-Hall, Inc, 1974.
- DONSKOI, D. D. y ZATSIORSKI, V. M.: «Biomecánica» (en ruso). Moscú: 1977.
- FOX, E. L. y BOWERS, R. W.: *Fisiología del deporte*, 2^a ed., Madrid: Ed. Médica Panamericana, 1996.
- FOX, E. L. y MATHEWS, D. K.: *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*, 3^a ed. Philadelphic et al Saunders Co, 1981.
- HARRE, D.: *Teoría del entrenamiento deportivo*, Buenos Aires: Stadium, 1987.
- HOLLMAN, W., HETTINGER, T. H.: *Sportsmedizin-Arbeits und Trainingsgrundlagen*, Stuttgart, Nueva York: Scattauer, 1976.
- HOLLOSZY, J. O.: «Metabolic consequences of endurance exercise training», en: HORTON, R. L. y TERJUNG, R. L. (edit.): *Exercise, Nutri-*

- tion and Metabolism*, Nueva York: Macmillan and Publ. Co, 1988, pp. 116-131.
- KASSIL, G. N. et al.: «*Mecanismos humorales y hormonales de regulación de las funciones en la actividad deportiva*» (en ruso). Moscú, 1978.
- LAMB, D. R.: *Physiology of Exercise: Responses and Adaptations*, 2^a ed., Nueva York: MacMillan, 1984.
- MALACKO, J.: *Osnove sportkoy treninga. Kiberneticki pristup*. Belgrado: 1982.
- MARGARIA, R.: *Biomechanics and Energetics of Muscular Exercise*, Oxford: Oxford University Press, 1976.
- MARTIN, D. et al.: *Handbuch Trainingslehre*. Verlag Karl Hoffman, 1993.
- MATVEEV, L. P.: *Fundamentals of Sports Training*, Moscú: Progress Publishers, 1977.
- «*Teoría general del deporte*» (en ruso). Moscú, 1997.
- *Teoría general del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2000
- NODLE, B. J.: *Physiology of Exercise and Sport*. Mosby Company, 1986.
- OZOLIN, N. G.: *Sistemas contemporáneos de entrenamiento deportivo*, La Habana: Científico Médica, 1983.
- OZOLIN, P. P.: «*La adaptación del sistema vascular a las cargas deportivas*» (en ruso), Kiev: 1980.
- PLATONOV, V. N.: «*Entrenamiento deportivo moderno*» (en ruso). Kiev, 1980.
- *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico*. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2002
- ROTMAN, M.: «*Planification et Periodisation des Programmes d'Entrainement et de competition*», *Journal de l'Athlétisme*, 1986, nº 30, pp. 5-15.
- SIFF, M. y VERKHOSHANSKY, Y.: *Superentrenamiento*. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2000.
- SCHNABEL, G. et al.: *Trainingswissenschaft - leistung - training - wettkampf*. Sport und Gesundheit Verlag, 1994.

- STEGERMAN, J.: *Exercise physiology*, Stuttgart, Nueva York: Thieme, 1981.
- TSCHAIDZE, L. V.: «Sobre la dirección de los movimientos del hombre» (en ruso). Moscú, 1970.
- ULATOVSKI, T. (ed): *Teoria sportu*, Varsovia: 1992.
- VERKHOSHANSKY, Y.: «El triple salto» (en ruso). Moscú: 1961.
- *Entrenamiento deportivo. Planificación y programación*. Barcelona: Martínez Roca, 1990.
- «Fundamentos de la preparación especial en fuerza en el deporte» (en ruso), 2^a ed. Moscú: 1977.
- *Mezzi e metodi per l'allenamento della forza esplosiva. Tutto sul metodo d'urto*, Roma: Societa Stampa Sportiva, 1997.
- «Are depth jumps useful?» *Soviet Sport Review*, 1968, n°3, pp. 75-78.
- «Fundamentos de la preparación física especial de los deportistas» (en ruso). Moscú, 1988.
- «Topical problems of the modern theory and methodology of sport training», *Coaching and Sport Science Journal*, 1996, n°4, 2-10.
- «Quickness and velocity in sport movements», *New Studies in Athletics*, 1996, 2-3, 29-37.
- «Speed training for high level athletes», *New Studies in Athletics*, 1996, 2-3, 39-49.
- «Principles for a rational organization of the training process aimed at speed training», *New Studies in Athletics*, 1996, 2-3, 155-160.
- «Modern scientific sports training theory», *New Studies in Athletics*, 1998, 3, 21-31.
- «Verso una teoria e metodologia scientifiche dell'allenamento sportivo», *SdS/Rivista di cultura sportiva*, 1998, 42, 12-21.
- VIRU, A.: «Mecanismos hormonales de adaptación y entrenamiento» (en ruso). Moscú: 1981.
- *Adaptation in Sport Training*, Florida (EEUU): CRC Press Inc., 1995.

- DE VRIES, H.: *Physiology of Exercise for Physical Education and Athletics*, 4^a ed, Dubuque, Iowa: Wm. C. Grown, 1986.
- WERCHOSCHANSKI, J.: *Effective trainieren. Neue Wege zur Planing und Organisation des Trainingsprozesses*, Berlin: Sportverlag, 1988.
- *Ein neues Trainingssystem für zyklische Sportarten*. Philippka Verlag, 1992.
- *L'entraînement efficace. Pour une programmation efficace de l'entraînement*. Presses Universitaire de France, 1992.
- *Ein neues Trainingsystem für azyklische Sportarten*. Philippka Verlag, 1995.
- WILMORE, J. H. y COSTILL, D. L.: *Physiology of sport and exercise*, Champaign: Human Kinetics, 1994.
- ZATSIORSKI, V.: *Kinematics of Human Motion*. Human Kinetics, 1998.
- Zhelyazkov, T.: «Fundamentos de entrenamiento deportivo» (en búlgaro). Sofía, 1998.
- YAKOVLEV, N. N.: «Bioquímica del deporte» (en ruso). Moscú, 1974.
- «Química del movimiento» (en ruso). Moscú, 1983.



TEORÍA Y METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

Yuri Verkhoshansky presenta, por medio de un texto didáctico y con numerosos gráficos, los principales aspectos metodológicos del entrenamiento deportivo. Sólo conociendo la teoría y la práctica, el entrenador podrá construir una sólida base y ampliar sus posibilidades de elección, de forma independiente y creativa, y hallar la mejor solución para las diferentes situaciones que encontrará durante el desarrollo de su actividad deportiva.

ISBN: 84-8019-612-2



9 788480 196123

Copyrighted material