

Fritz Zinti

Entrenamiento de la resistencia

Fundamentos, métodos
y dirección del entrenamiento

Si usted desea estar informado de nuestras publicaciones, sírvase remitirnos su nombre y dirección, o simplemente su tarjeta de visita, indicándonos los temas que sean de su interés.

Ediciones Martínez Roca, S. A.
Dep. Información Bibliográfica
Gran Vía, 774 08013 Barcelona



Ediciones Martínez Roca, S. A.

Colección dirigida por Joan Antoni Prat

Traducción de Wolfgang Simon e Isabel Lledó

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

Título original: *Ausdauertraining*

© 1988, 1990, BLV Verlagsgesellschaft, Munich

© 1991, Ediciones Martínez Roca, S. A.

Gran Via, 774, 7.º, 08013 Barcelona

ISBN 84-270-1502-X

Depósito legal B. 4.624-1991

Impreso por Libergraf, S. A., Constitució, 19, 03014 Barcelona

Impreso en España - Printed in Spain

Introducción

La resistencia tiene una importancia esencial a la hora de practicar deporte de tipo preventivo, formativo o de rendimiento, por ser un elemento fundamental de la condición física. Por esta razón trataremos la *multitud de manifestaciones* de esta capacidad compleja, buscando una diferenciación basada en fundamentos biológicos y en función de los objetivos del entrenamiento.

Los *métodos de entrenamiento* no sólo se tratarán de forma fundamentalista (métodos fundamentales) sino que también se expondrán en función de sus efectos (métodos específicos), abarcando con mayor detalle los componentes de las cargas.

La problemática de la *planificación de la capacidad de resistencia* sólo se podrá tratar en cuanto a sus principios. Informaciones más concretas sobre periodicidad anual, diseño de micro y macrociclos sólo fueron factibles mediante trabajos monográficos para modalidades concretas como el «entrenamiento de la carrera de 800 m», «entrenamiento de 50 km de esquí nórdico», «entrenamiento de 1.000 m de patinaje de velocidad», «entrenamiento de fútbol», etc. Ello se debe a que se han de considerar los demás factores de rendimiento relevantes para la condición física y la coordinación, además del tipo correspondiente de resistencia. No obstante, no fue ésta la finalidad inicial del *Entrenamiento de la resistencia* con carácter globalizador para todos los deportes. Nos restringimos, por ello, a la exposición de medios relevantes de planificación y desarrollo.

Dedicaremos un capítulo final a las particularidades de la capacidad de resistencia y de su entrenamiento en las *edades infantil y juvenil*, puesto que esta temática siempre es interesante tanto para el ámbito del deporte preventivo como de rendimiento.

Lo que el presente libro no ofrece de ninguna manera son programas de entrenamiento en forma de recetas, ya que esto no sería apropiado para el ámbito del deporte de rendimiento y, por otra parte, existen suficientes publicaciones de este tipo a nivel del entrenamiento preventivo y para principiantes (véase bibliografía).

Este libro se dirige en primer lugar, por temática, a los *profesores y estudiantes de educación física, monitores y entrenadores* y a toda persona interesada en los conocimientos fundados sobre el entrenamiento de la resistencia. En primer lugar queremos dibujar la relación entre las costumbres prácticas del entrenamiento y los fundamentos biológicos. La consecuencia de ello son ayudas a la hora de decidir sobre planificación, realización y desarrollo del entrenamiento de resistencia tanto en el deporte de ocio como de rendimiento.

FRITZ ZINTL

Abreviaciones de las magnitudes utilizadas

- kcal = kilocaloría, kJ = kilojoule; ambas son magnitudes para trabajo, energía, calor (1 kcal = 4.185 kJ)
- mAq/l = miliequivalente por litro; magnitud antigua para concentraciones de cantidades de sustancias
- mg% = porcentaje en miligramos (1 mg% = 10 mg/l); magnitud de la concentración de masas
- mol = Mol (cantidad de sustancia en gramos, indicando el peso molecular); unidad de la cantidad de una sustancia
subunidades son: mmol = milimol (1 milésima parte del Mol),
 μ mol = micromol (1 millonésima parte del Mol), pmol = pikomol (1 billonésima parte de Mol)
- mmol/l = milimol por litro; magnitud de la concentración de sustancias
- U/l = unidades por litro; unidad de la actividad enzimática
- val = equivalente en gramos; peso equivalente resultando de la división de mol por la valencia del ion correspondiente
- W = vatio; magnitud del rendimiento

Capítulo 1

Introducción a la terminología de la teoría del entrenamiento

A pesar de que la teoría del entrenamiento se transforme cada vez más en una disciplina científico-deportiva, todavía le falta un lenguaje genérico y, sobre todo, exacto, condición esencial para un entendimiento entre técnicos. Muchas expresiones siguen siendo no exactas y dan lugar a múltiples interpretaciones. La razón de ello radica, por un lado, en que en esta materia confluyen experiencias de técnicos deportivos con resultados de investigaciones científico-deportivas. Además existen aportaciones de diferentes ciencias (por ejemplo, la medicina, la biomecánica, la psicología) para la teoría del entrenamiento con la lógica introducción de los respectivos conceptos específicos. Incluso hoy día es frecuente que las discusiones técnicas —sobre todo entre técnicos y teóricos del entrenamiento— fracasen o, al menos se desarrollen muy lentamente, por falta de una base común de comprensión. Para evitar, al menos en este libro, problemas de comunicación desde el principio, exponemos una sinopsis terminológica en forma de tabla, de la que se basarán los siguientes capítulos.

Conceptos fundamentales de la teoría del entrenamiento

Entrenamiento = proceso planificado que pretende o bien significa un cambio (optimación, estabilización o reducción) del complejo de capacidad de rendimiento deportivo (condición física, técnica de movimiento, táctica, aspectos psicológicos).

Planificación del entrenamiento = la adaptación de todas las medidas a corto y largo plazo del proceso de entrenamiento hacia el alcance previsto de la forma deportiva (= capacidad óptima de rendimiento + disposición para el rendimiento).

Los demás conceptos se pueden subdividir en cuanto a su procedencia en conceptos *didácticos* y *biológicos*.

Los conceptos *didácticos* se introdujeron por vía de la didáctica del deporte, que es la ciencia del enseñar y aprender dentro de la clase de educación física. De éstos forman parte:

Objetivo del entrenamiento = finalidad del entrenamiento.

Un objetivo puede ser expresado de diferentes formas, en función de su grado de generalización:

Objetivos superiores (objetivos globales) a un nivel superior de decisión son, por ejemplo, el deporte de alto rendimiento, acondicionamiento físico, salud o también, dentro del marco del deporte de rendimiento, la clasificación entre los tres primeros en los siguientes campeonatos.

Objetivos parciales (objetivos específicos) a un nivel mediano suelen consistir en indicaciones concretas para los componentes del rendimiento deportivo como, por ejemplo, la mejora de la resistencia en el maratón o la técnica del paso en diagonal en el esquí de fondo.

Elementos del objetivo (objetivos operativos) en el nivel inferior de decisión se pueden trasladar directamente al entrenamiento (operativos). A menudo se trata de elementos de la condición física, formas de la técnica motriz o determinadas variantes tácticas. (Ejemplos: mejora de la velocidad de carrera en el umbral anaeróbico o detalles de paso diagonal del esquí de fondo con realización óptima de todas las fases del movimiento.)

En ocasiones encontramos también sinopsis con objetivos *psicomotrices, cognitivos y afectivos* (MATWEJEW, 1972).

Tipo de entrenamiento = orientación del entrenamiento según los componentes del rendimiento deportivo (*condición física, técnica, táctica*) y sus factores. A este ámbito pertenecen nombres como entrenamiento de la condición física, técnica, táctica, resistencia, velocidad, mental por observación, de la defensa y del ataque.

Contenidos del entrenamiento (ejercicios del entrenamiento) = actividad realizada en el entrenamiento para alcanzar objetivos del entrenamiento. La distribución más lógica se orienta en la estructura del movimiento en relación al gesto técnico:

Ejercicios genéricos: no guardan relación con el gesto técnico en cuanto a volumen y dinámica. Los saltos con pies juntos desde cuclillas, por ejemplo, en relación con el trabajo de las piernas en el paso de patinar del esquí de fondo.

Ejercicios específicos (por imitación): contienen determinados elementos del gesto técnico, coincidiendo también bastante con el mismo en cuanto a la dinámica. Por ejemplo, los saltos alternos con una pierna en dirección diagonal hacia adelante en relación con la técnica del skating del esquí de fondo.

Los *ejercicios competitivos* son idénticos, aproximadamente, con el gesto técnico. Por ejemplo, la técnica del paso de patinar con esquís de fondo con ruedas.

Forma de entrenamiento = combinar el contenido del entrenamiento con un determinado método de carga. Por ejemplo, *carreras interválicas*

por montañas como carrera atlética o el paso en diagonal del esquí de fondo cuesta arriba combinado con el método intensivo con intervalos cortos (tiempo de carga: 15-30 seg.).

Medios de entrenamiento = aparato o medida que apoya el desarrollo del entrenamiento. Para su mejor comprensión podemos sistematizar la multitud de medios empleados según aspectos de *organización* (por ejemplo, formas de colocación, instalaciones con carriles), de *información* (por ejemplo, la explicación del movimiento, medios audiovisuales) y de *equipamientos* (por ejemplo, chalecos de arena, mancuernas, aletas de natación).

Método de entrenamiento = procedimiento programado que determina los contenidos, medios y cargas del entrenamiento en función de su objetivo. Sobre todo en el ámbito del acondicionamiento físico se han establecido *métodos fundamentales* autónomos (*método continuo, interválico, de repeticiones y de control*). Dentro de los mismos existen muchas variantes (por ejemplo, el método de la pirámide en el entrenamiento de la fuerza, el método interválico con duraciones medianas o el método continuo variable en el entrenamiento de la resistencia). Fundamentales para el entrenamiento de la técnica son el *método global, analítico y global-analítico-global*.

Nivel de entrenamiento (fase de entrenamiento) = secuencia temporal dentro del desarrollo del entrenamiento a largo plazo (plurianual). Generalmente se distinguen *entrenamiento fundamental (= principiantes)*, *de perfeccionamiento (= avanzados)* y *de alto rendimiento (= nivel de dominio)*. Cada uno de estos niveles dura unos 3-4 años, hasta que se alcance un rendimiento máximo.

Categoría de entrenamiento = fase del entrenamiento adaptado a la edad o bien al nivel evolutivo, en la que se considera el desarrollo biológico-motor y el nivel psico intelectual a la hora de seleccionar los objetivos, contenidos y métodos del entrenamiento. En este sentido diferenciamos entre *entrenamiento para niños, adolescentes y adultos*. No es apropiado relacionar determinados niveles y categorías de entrenamiento entre sí (entrenamiento fundamental = entrenamiento con niños, entrenamiento de perfeccionamiento = entrenamiento con adolescentes, entrenamiento de alto rendimiento = entrenamiento con adultos). Sólo en muy pocos deportes se observa esta relación.

Los *conceptos biológicos* han cobrado importancia, ya que desde el punto de vista de la biología, el entrenamiento no es otro fenómeno que la reacción del organismo humano según la *cadena causa-efecto* (fig. 1). Esencial para este complejo de causa-efecto son la *carga y la adaptación*.



FIGURA 1: El entrenamiento como cadena biológica de causa-efecto.

Carga del entrenamiento = totalidad de los estímulos de carga efectuados sobre el organismo. Normalmente diferenciamos entre carga *externa e interna*. La carga externa se halla cuantitativamente mediante los *componentes de las cargas* (véase en este punto) con datos sobre distancias, número de repeticiones, tiempo, etc. La *carga interna* es la reacción biológica de los sistemas orgánicos frente a la carga externa. Se puede reflejar sobre todo mediante parámetros fisiológicos y bioquímicos (por ejemplo, frecuencia cardíaca, valores del lactato sanguíneo, valores de plasma y urea).

Adaptación al entrenamiento = la modificación *funcional y morfológica* de los sistemas orgánicos frente a estímulos eficaces de carga. La adaptación se suele manifestar de dos formas: mediante un *incremento de las reservas para el rendimiento* y en la capacidad de un *mayor aprovechamiento de las mismas*. Este último aspecto se refleja sobre todo en el desplazamiento del *umbral de activación* del individuo entrenado (fig. 2).

Componentes de la carga (normativa, características de la carga) = magnitudes significativas para determinar (dosificar) las cargas en el entrenamiento. Se trata de *intensidad (estímulo), duración, densidad, volumen y frecuencia de la carga*. Estos se influyen mutuamente (el volumen y la intensidad, por ejemplo, en sentido contrario), lo que siempre se ha de considerar a la hora de modificar una de ellas.

Intensidad de la carga (del entrenamiento) = grado de cada uno de los estímulos de carga o bien el rendimiento definido como trabajo por unidad de tiempo. En el ámbito de la resistencia queda descrita a través de

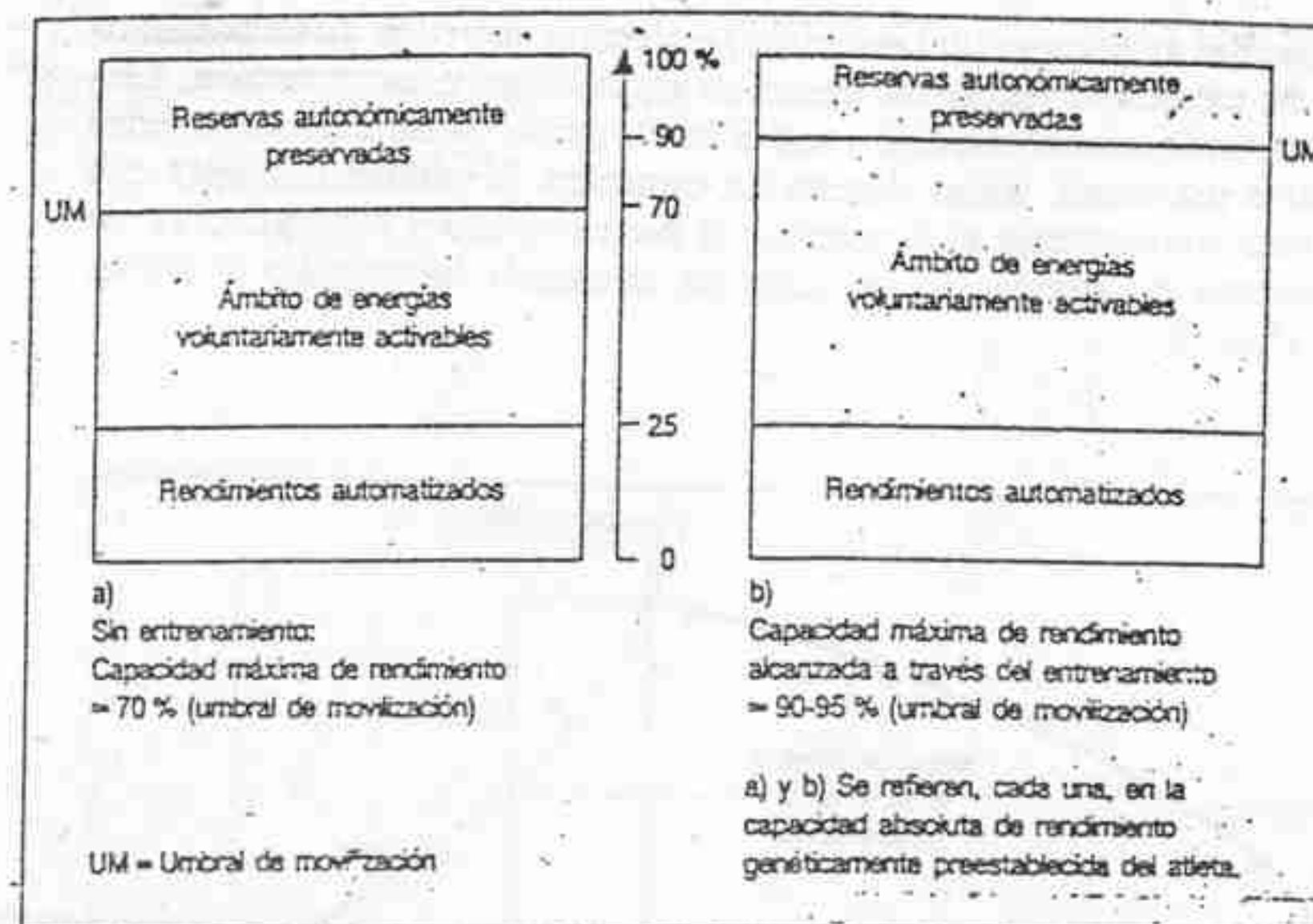


FIGURA 2: Desplazamiento del umbral de movilización a través del entrenamiento. En un estado desentrenado, el hombre no es capaz de liberar para el rendimiento más que el 70 % de sus reservas energéticas de las que es genéticamente dotado incluso invirtiendo su máxima voluntad. No obstante, el entrenamiento de varios años capacita al deportista de alto rendimiento para aumentar el ámbito de sus reservas voluntariamente activables. Pero a las reservas preservadas autónomamente sólo se puede acceder en condiciones extremas (por ejemplo, temor de muerte, doping).

la velocidad de desplazamiento, la frecuencia cardíaca por minuto o el valor de lactato sanguíneo. También se puede expresar mediante escalas de valores (tabla 1) si existen datos empíricos subjetivos de los diferentes niveles de intensidad.

Duración de la carga (del estímulo) = duración temporal de cada estímulo o de una serie de ejercicios. Queda reflejada en tiempos (segundos, minutos, horas) o en números de repeticiones.

Tabla 1. Ámbitos (niveles) en el entrenamiento de la resistencia.

Porcentaje en relación al máximo rendimiento personal	Calidad de la intensidad (denominación verbal)	Pulsaciones como característica de la intensidad: frecuencia/min
30- 50 %	Baja	130-140
50- 60 %	Ligera	140-150
60- 75 %	Mediana	150-165
75- 85 %	Submáxima	165-180
85-100 %	Máxima	180

Densidad de la carga (del estímulo) = tiempo entre los diferentes estímulos de carga, que regula los cambios entre carga y recuperación. Con ello se obtiene una información sobre la *duración de los descansos* entre diferentes estímulos. Estos descansos cumplen fundamentalmente *dos funciones*: contrarrestar el cansancio al ser *completo* y continuación de los procesos de adaptación en caso de descanso *incompleto* (= *provechoso*) (fig. 3).

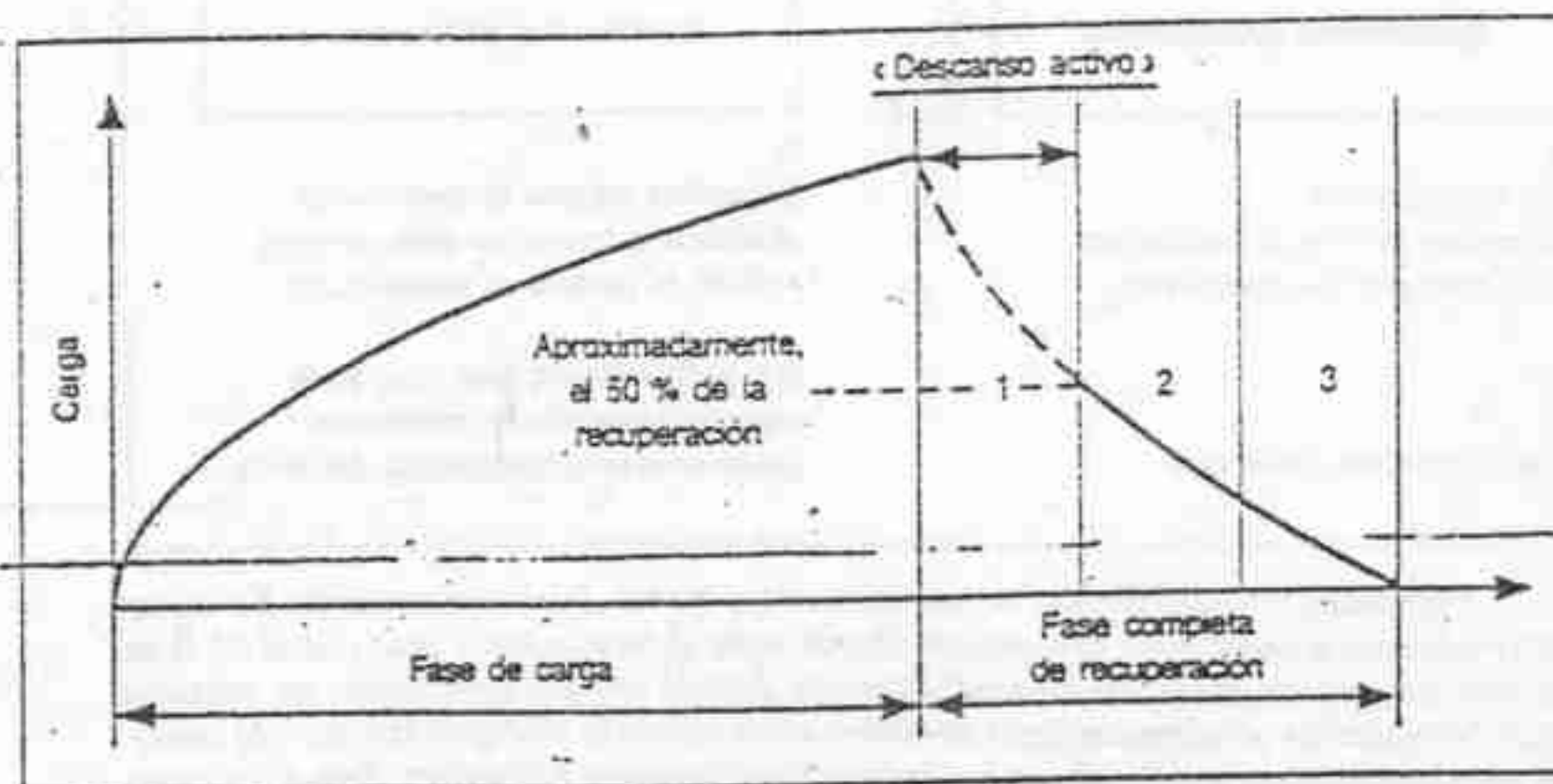


FIGURA 3: Esquemática de los descansos completos y «activos» en forma de la curva exponencial de la recuperación, dividiendo el tiempo de recuperación en tres partes (en base a SCHWOLINSKY 1973).

Durante el entrenamiento de la resistencia se determina un *descanso provechoso* mediante el *control del pulso*. Termina con menos de 120 pulsaciones por minuto después de una carga entre máxima y submáxima. Con un descanso completo (y pasivo) se alcanzan casi valores de reposo.

Volumen de la carga (del entrenamiento, volumen del estímulo) = cantidad total de carga durante una o varias sesiones de entrenamiento (micro y macrociclos). Como datos para su medición sirven en el ámbito de la resistencia distancias (kilómetros) o el tiempo total de carga efectiva (segundos, minutos, horas).

Frecuencia del entrenamiento = número de sesiones de entrenamiento, haciendo normalmente referencia a un microciclo (1 semana).

Tabla 2. Sinopsis de los principios de entrenamiento y sus leyes biológicas/factores de influencia correspondientes.

Importancia para el entrenamiento	Principio de entrenamiento	Factor de influencia biológica
Mecanismo de adaptación	Principio de la eficacia del estímulo de carga	Ley de los niveles de estímulos
	Principio del incremento progresivo de la carga • progresivo • versátil	Curva parabólica del proceso de adaptación
	Principio de la versatilidad de la carga de entrenamiento	Ley de los niveles de estímulos
Garantía de la adaptación	Principio de la relación óptima entre carga y recuperación	Sobrecompensación, heterocronismo de la adaptación
	Principio de repetición y continuidad	De adaptación
	Principio de periodización	Carácter fásico de la adaptación
Desarrollo específico de la adaptación	Principio de la adaptación a la edad e individualidad del	Capacidad individual de adaptación
	Principio de la especialización progresiva	Adaptación específica
	Principio de la alternancia reguladora entre los diferentes elementos del entrenamiento	Interrelación entre adaptación específica e inespecífica

Principios del entrenamiento

Los principios (fundamentos, máximas) del entrenamiento son leyes de una validez muy genérica que se han de tener en cuenta para la estructura del proceso de entrenamiento. Se basan mayoritariamente en fundamentos biológicos. El nombre y el número de principios varía mucho en la bibliografía sobre la teoría del entrenamiento. Para la presente selección (tabla 2) nos basamos en dos aspectos: la existencia de un *fundamento biológico* y la *validez genérica*.

En nuestro contexto no nos centraremos en principios de *orientación pedagógica* (por ejemplo, presentación y comprensión fáciles y consciente, sistemática).

Además podemos agrupar los principios del entrenamiento en cuanto a su importancia para la adaptación: Pueden servir o bien para la *iniciación* como para *asegurar* o para el *control específico* de los procesos de adaptación. En este sentido diferenciamos entre *principios de carga*, *ciclización* y *especialización* (GROSSER y cols., 1985). Su explicación en el marco del entrenamiento de la resistencia será lo más breve posible.

Principio del estímulo eficaz de carga

Este principio indica que el estímulo de entrenamiento debe de superar un cierto *umbral de intensidad* para poder iniciar una reacción de adaptación, es decir, para obtener un efecto en el sentido del entrenamiento. Su base biológica es la *regla de los niveles de estímulos* (también denominada como regla de Schultz-Arndt, lo cual no es correcto históricamente), que diferencia en cuanto a las adaptaciones funcionales y morfológicas estímulos *inferiores al umbral* (= por debajo del umbral efectivo de estímulos) y *otros por encima del umbral que pueden ser débiles, fuertes y demasiado fuertes*. Los estímulos inferiores no tienen efecto, los débiles por encima del umbral mantienen el nivel funcional, los fuertes (óptimos) inician cambios fisiológicos y anatómicos; estímulos demasiado fuertes producen daños funcionales. El umbral del estímulo depende del nivel de rendimiento del deportista. Para el *entrenamiento de la resistencia aeróbica* se considera como umbral la *impliación del 50% del rendimiento máximo cardiovascular*. Esto equivale en caso de personas no entrenadas a una intensidad de carga que requiera una *frecuencia cardíaca de unas 130 pulsaciones por minuto (FC/min.)*.

Principio del incremento progresivo de las cargas

Cuando la carga del entrenamiento se mantiene igual durante un espacio largo de tiempo, el organismo se adaptará de forma que los mismos estímulos no actúen por encima del umbral llegando incluso a ser inferiores al mismo. De todas maneras no provocan ya ningún incremento del rendimiento. Esto significa que la carga del entrenamiento se debe de incrementar constantemente después de determinados espacios de tiempo. Este incremento puede ser *progresivo* o *discontinuo* en función de edad biológica y de entrenamiento y del nivel de desarrollo de la correspondiente capacidad motriz. El incremento a pasos pequeños (progresivo) siempre es apropiado cuando todavía se puede conseguir una mejora del rendimiento de esta forma. Así se pueden evitar efectos desagradables que pueden ocasionar los incrementos discontinuos de la carga (mayor posibilidad de lesión, rendimiento inestable). No obstante, será necesario el incremento repentino de la carga en niveles elevados de rendimiento cuando las pequeñas subidas de la carga externa ya no producen cambios en la carga interna. Un incremento notable, y por ello repentino, de las exigencias obliga al organismo a más procesos de adaptación. Un requisito para ello es, sin embargo, un buen desarrollo de la capacidad de rendimiento. Para estabilizar el nivel de adaptación así alcanzado se necesitan fases más alargadas que para los progresos más reducidos.

Como formas de incrementar la carga *progresivamente* se prestan los *cambios de las componentes de la carga, mayores exigencias de coordi-*

nación y cantidad de competiciones (como medidas de entrenamiento). Los cambios de las componentes de carga a largo plazo son lógicos en el siguiente orden: incremento de la frecuencia de entrenamiento (sesiones de entrenamiento por semana), incremento del volumen de entrenamiento dentro de cada sesión de entrenamiento, reducción de los descansos, incremento de la intensidad de entrenamiento.

La razón biológica de este principio radica en la *trayectoria parabólica y no lineal de la adaptación biológica* (véase fig. 4), debido a que el organismo reacciona poco cuando se encuentra en un nivel elevado de adaptación. Así resulta una «separación» cada vez más grande entre las curvas de carga y nivel de entrenamiento (fig. 5).

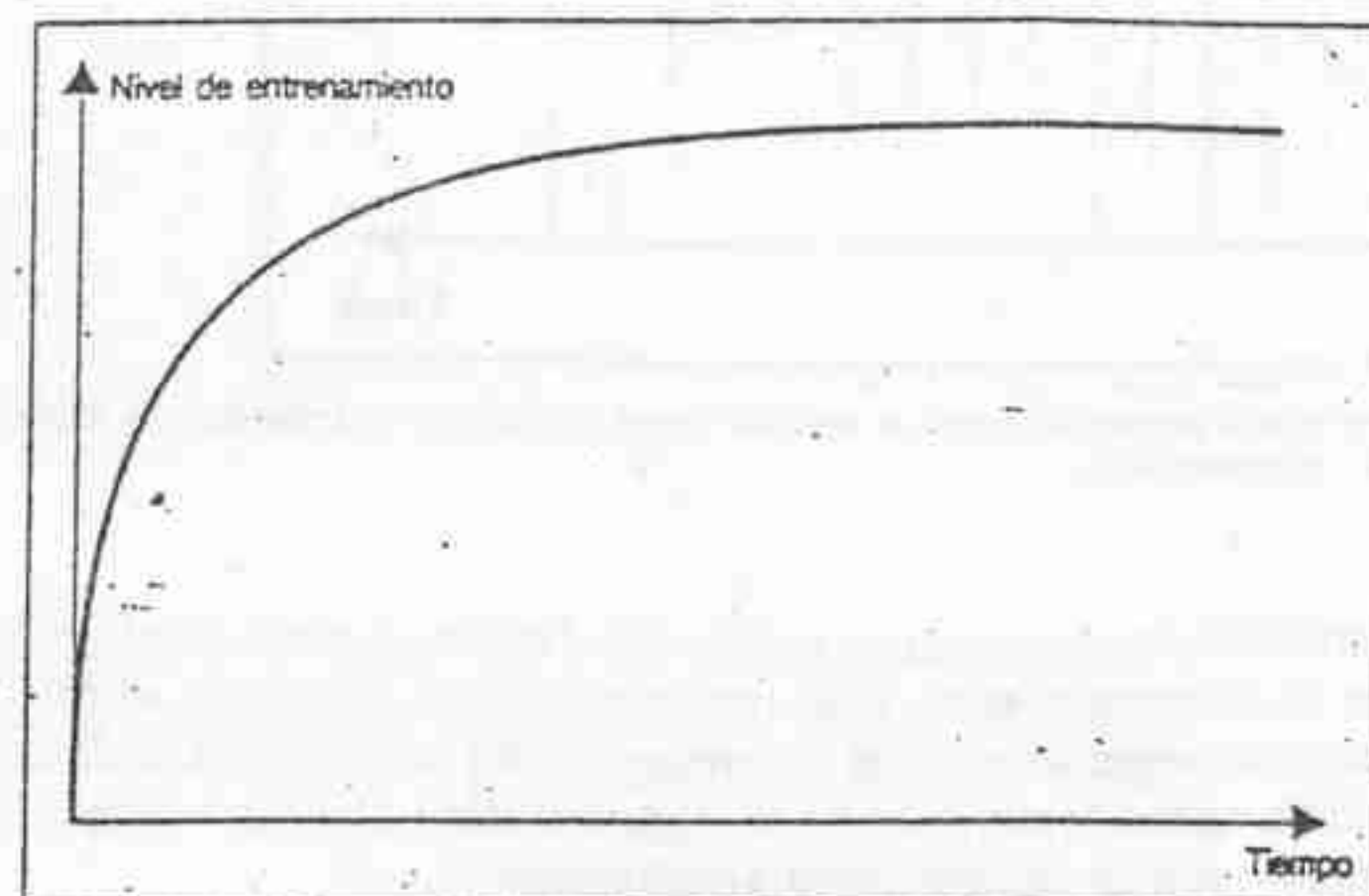


FIGURA 4: Curva parabólica del desarrollo del nivel de entrenamiento.

Principio de la versatilidad de la carga

En el contexto de las cargas útiles para el entrenamiento no debemos olvidar la importancia del *sistema vegetativo simpático*. El *simpático* proporciona al cuerpo un estado de elevada disposición para el rendimiento, lo que es importante para la efectividad de las cargas del entrenamiento. Para una estimulación monótona, el cuerpo obedece a la regla de los niveles de estimulación y se produce una disminución del *efecto ergotrófico (que incrementa el rendimiento)* (tabla 3). Esto significa que los estímulos de entrenamiento no variables durante un período largo de tiempo provoquen un estancamiento de la mejora por el entrenamiento. Modificando el estímulo de carga se puede volver a alcanzar el nivel de estimulación anterior. Esta variación de los estímulos de carga se debe enfocar a nivel práctico no sólo a cambios de la intensidad sino que sobre todo a la alternancia de los contenidos, de la diná-

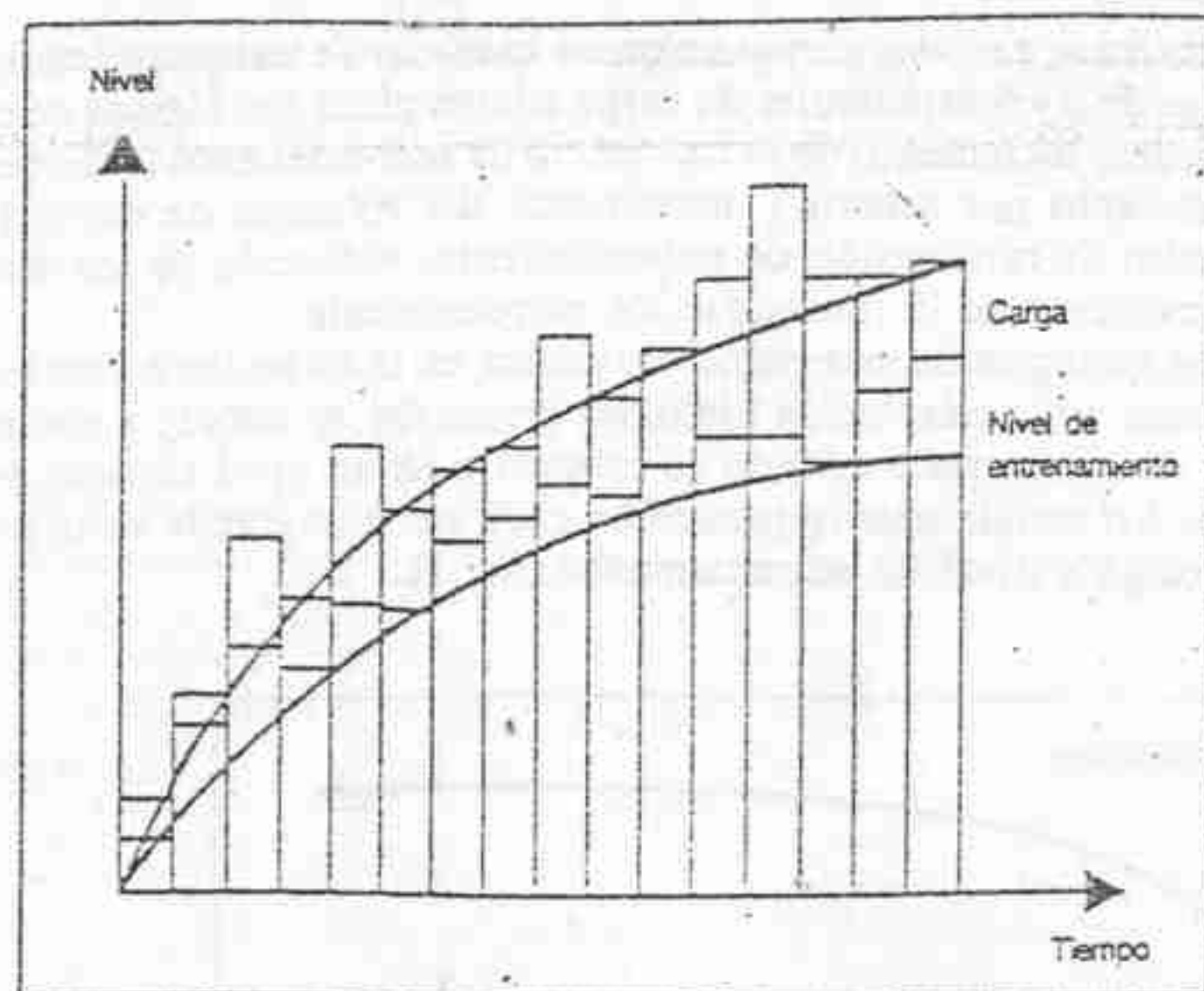


FIGURA 5: Divergencia progresiva entre el nivel de carga y el de entrenamiento a lo largo de varios años de entrenamiento.

mica del movimiento, de la estructura de los descansos pero también de los métodos de entrenamiento. Ello representa para el área en cuestión (sistema nervioso vegetativo) una *interrupción de la monotonía de cargas* provocando más alteraciones de la homeostasis—debido a cargas no acostumbradas— con la consecuente adaptación.

El principio de la versatilidad tiene una función importante para el entrenamiento de alto rendimiento, dado que en este caso ya no existe versatilidad de los componentes, contenidos y métodos de la carga, de-

Tabla 3. Efectos de los nervios vegetativos, reflejando el efecto ergotrófico del simpático y el efecto tropotrófico del parasimpático.

	Efecto del simpático	Efecto del parasimpático
Corazón		
- Frecuencia	Acelerada	Disminuida
- Fuerza contráctil	Más elevada	Reducida
- Consumo de oxígeno	Más elevado	Reducido
Pulmones		
- Bronquios	Ensanchados	Estrechados
Intestino		
- Peristáltica	Inhibida	Fomentada
- Irrigación	Inhibida	
Vejiga		
- Vaciado	Inhibido	Posibilitado

bido a una mayor especialización, mientras que la presencia de barreras de rendimiento requiera realmente una versatilidad del entrenamiento. La posibilidad y viabilidad de variación se centran entonces dentro de unas intensidades establecidas. (Nota: Algunos autores tratan este principio como variante del principio del incremento progresivo de las cargas.)

Principio de la relación óptima entre carga y recuperación

Este principio se basa en el hecho de que se requiere un cierto tiempo de recuperación después de una carga eficaz de entrenamiento (sesión de entrenamiento), con el fin de poder soportar nuevamente una carga parecida (siguiente sesión de entrenamiento) en condiciones favorables. Carga y recuperación forman de alguna manera una unión. El fundamento biológico de ello es el *fenómeno de la sobrecompensación* (fig. 6), que indica que después de un estímulo de carga relativamente fuerte no sólo se restaurará el nivel inicial (= compensación) sino que se establecerá una sobrecompensación (= compensación más elevada). Se trata aquí de una medida preventiva del organismo cara a otros estímulos fuertes de carga que resulta ser un requisito básico para el mejoramiento funcional y del rendimiento. No obstante, este nivel superior no se mantiene después de una carga singular, sino que vuelve a bajar. La curva del nivel de rendimiento muestra un comportamiento pendular alrededor de la línea del nivel inicial. Ello implica que después de una primera sobrecompensación podemos encontrar otra «cima» compensa-

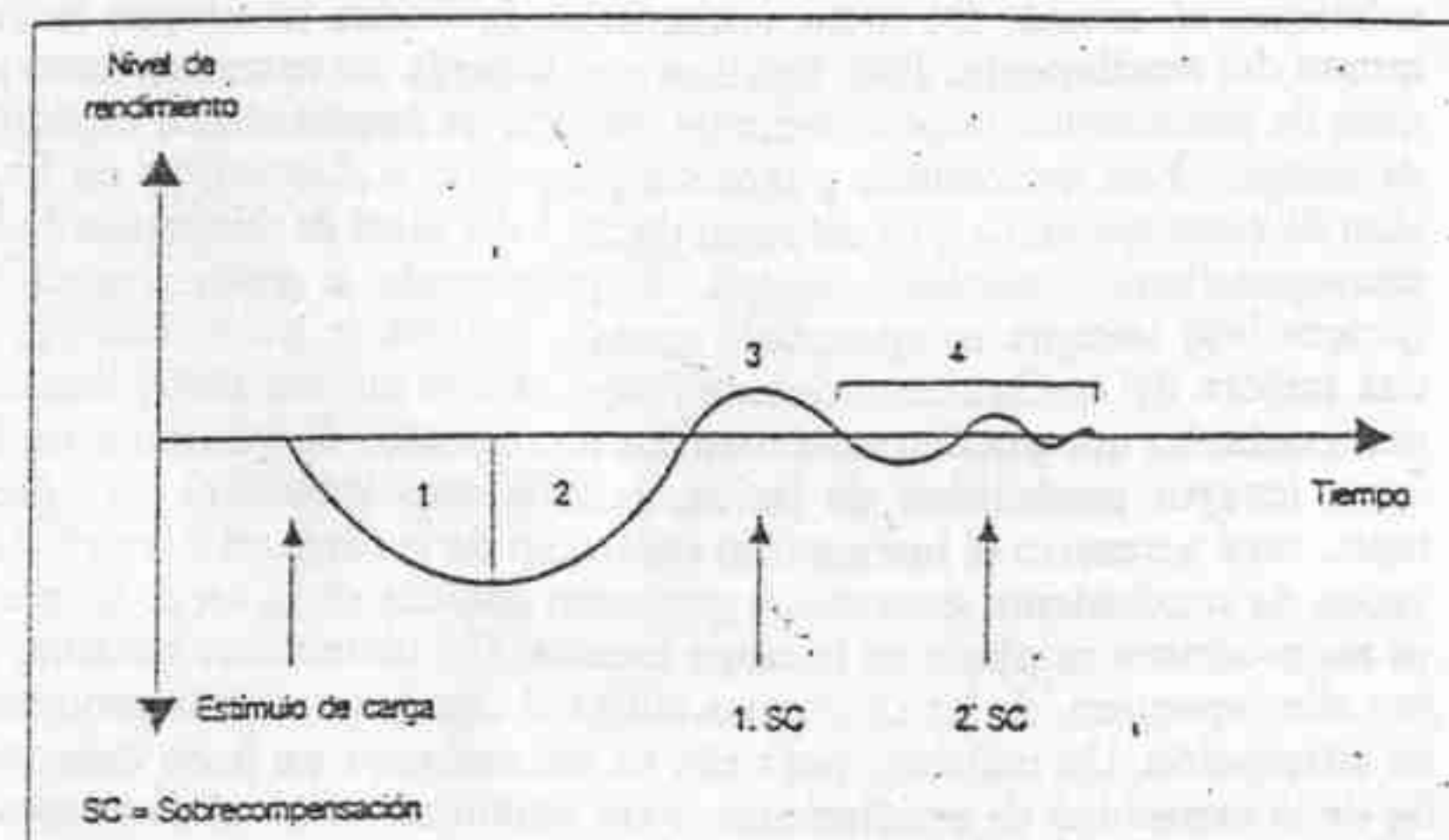


FIGURA 6: Sobrecompensación (SC). Fases de modificación de la capacidad de rendimiento. 1 = fase de disminución. 2 = fase de recuperación (compensación). 3 = fase de sobrecompensación. 4 = fase de equilibración (reversión).

toría; inferior, sin embargo. La siguiente carga óptima evidentemente ha de tener en cuenta el máximo de la fase de sobrecompensación.

La capacidad de rendimiento mostrará una *mejora* constante si situamos las nuevas cargas de entrenamiento (fig. 7) de una forma óptima. Colocando las nuevas cargas de entrenamiento antes o después de la cima de sobrecompensación, sólo podremos esperar un *mantenimiento* de la capacidad de rendimiento existente (fig. 8). Si las siguientes

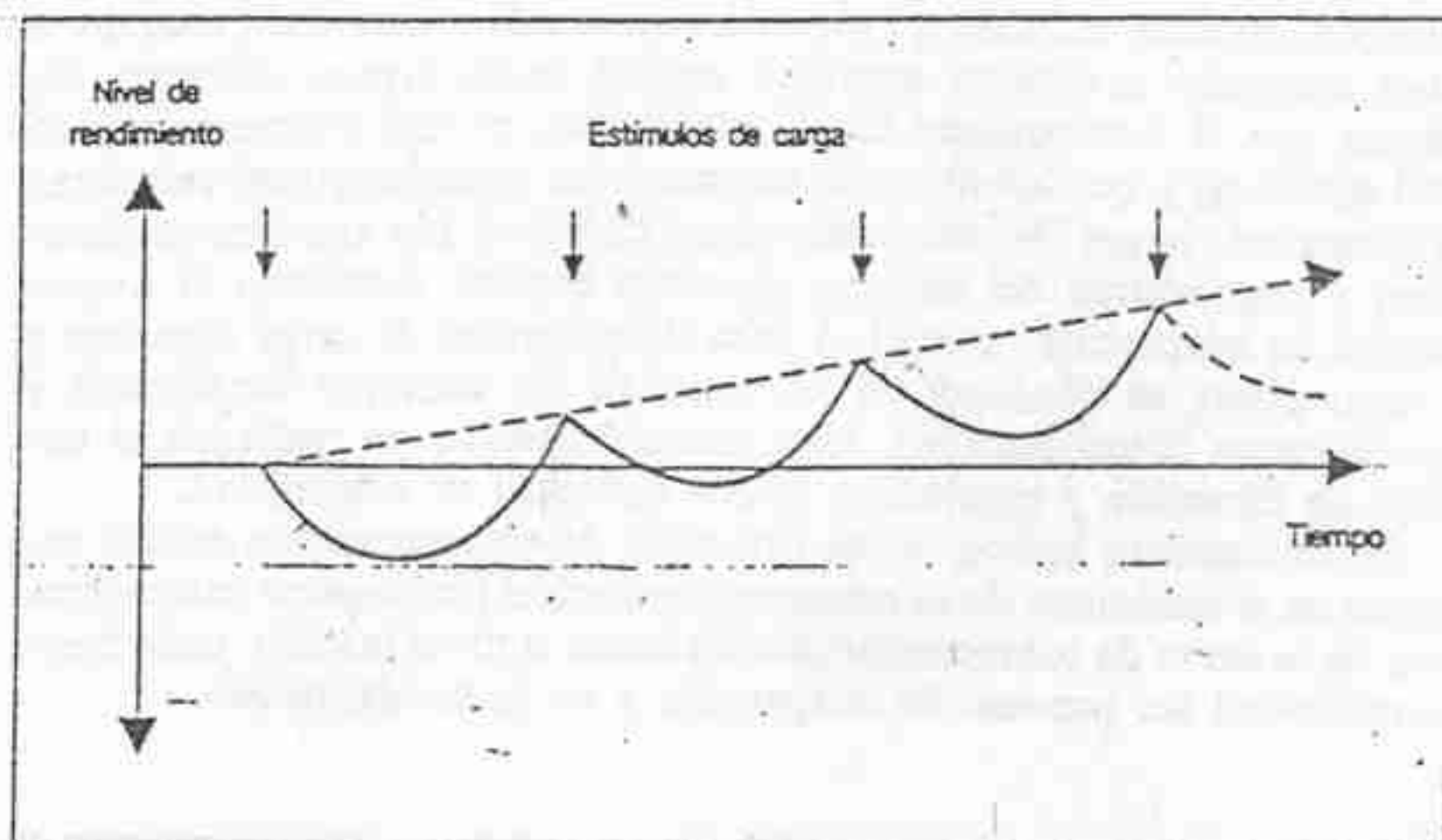


FIGURA 7: Mejoramiento de la capacidad de rendimiento mediante cargas óptimamente estructuradas.

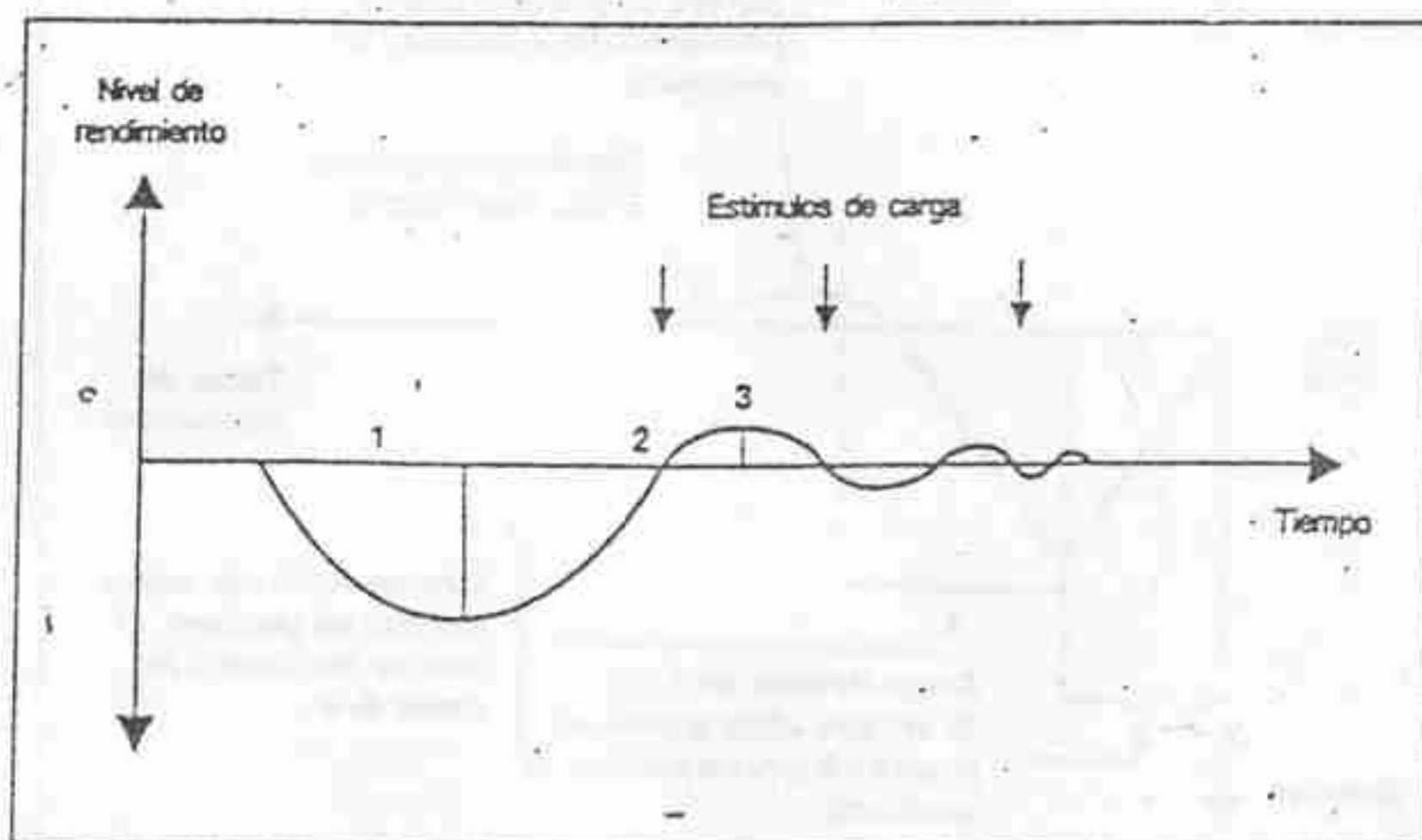


FIGURA 8: Momentos de carga que sólo sirven para mantener un nivel de rendimiento ya existente.

tes cargas se presentan con una recuperación incompleta (fase-2) se producirá a la larga una *disminución* del nivel de rendimiento (fig. 9). Cuando se realizan con antelación consciente algunas cargas acompañadas de una mayor fase de recuperación se puede producir una sobrecompensación más elevada *aprovechando más intensamente* las reservas energéticas (fig. 10). En este caso se habla también del *efecto de acumulación* (MATWEJEW, 1972, 87).

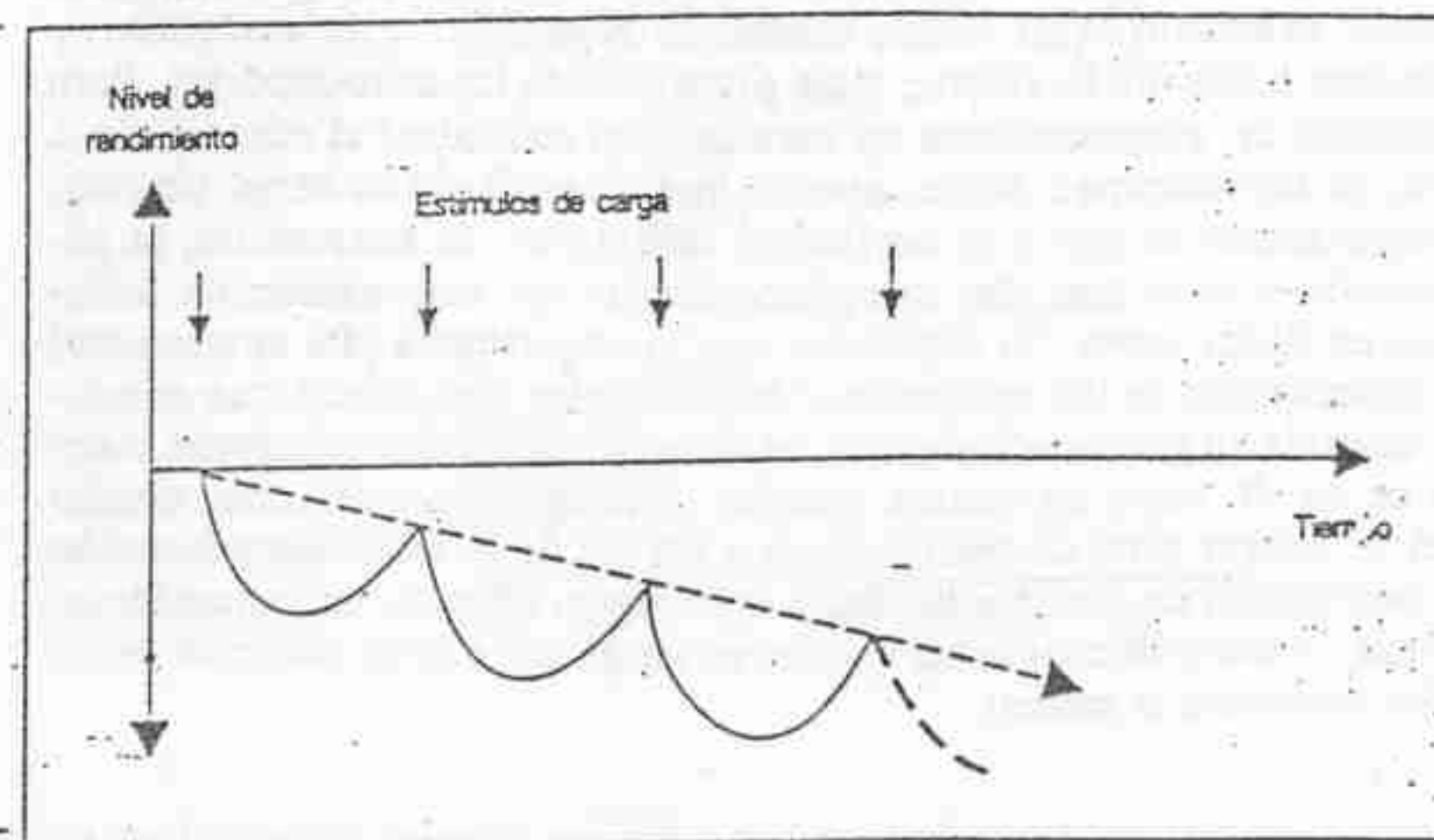


FIGURA 9: Momentos de carga adelantados que producen a largo plazo una disminución del nivel de rendimiento.

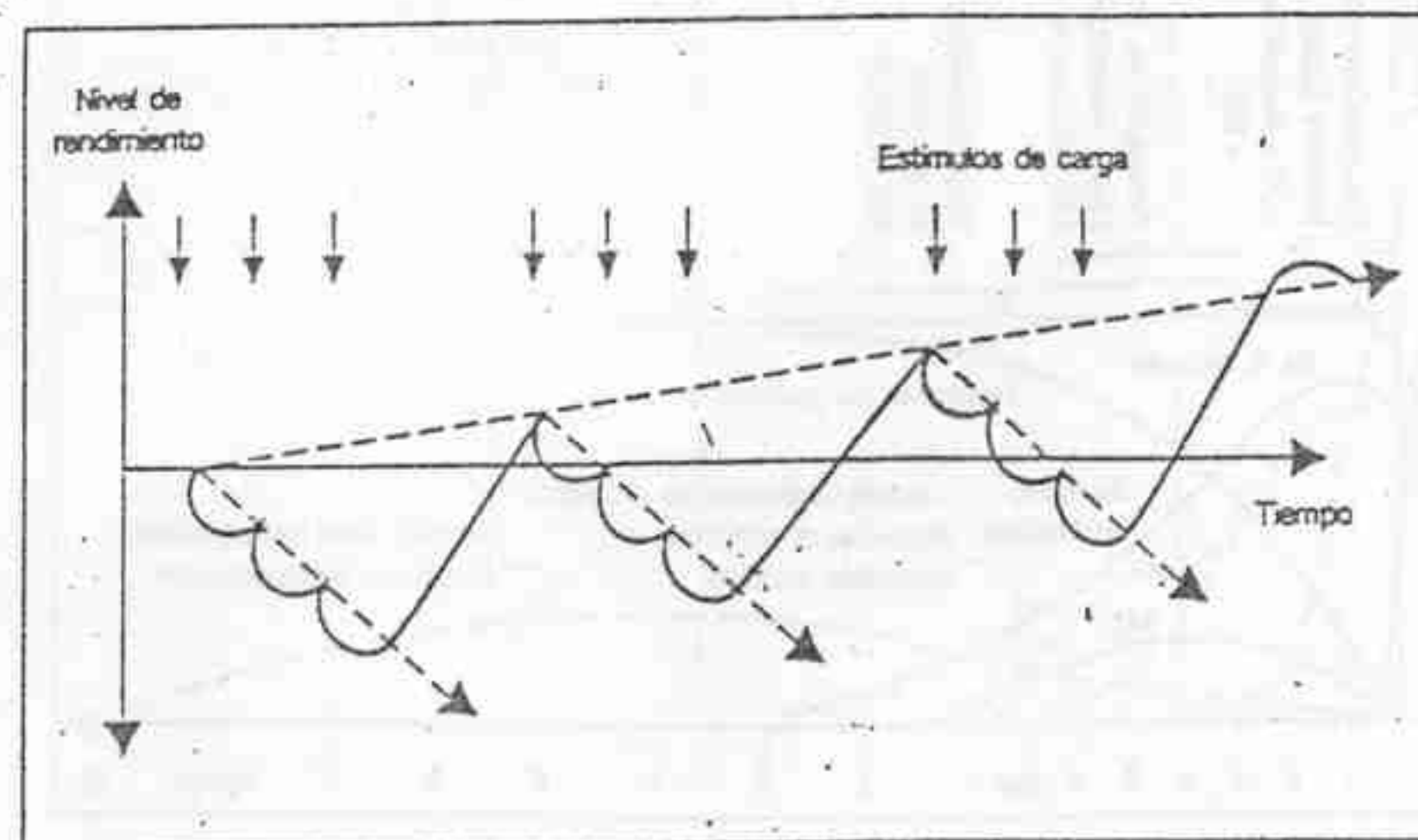


FIGURA 10: Momentos de carga siguiendo el concepto del «efecto acumulado».

Dado que la *restauración* de los diferentes depósitos energéticos o ámbitos de carga biológica muestra un *comportamiento variado con respecto al tiempo* (fig. 11), este *heterocronismo* (= variedad de tiempos) de la *regeneración* después de cargas se debe de tener en cuenta dentro de este principio de entrenamiento, aparte de la sobrecompensación. La figura 12 muestra como ejemplo la situación en cuanto a las reservas de glucógeno que pueden tener un papel importante en los trabajos de resistencia. Los tiempos de regeneración se prolongan (hasta 5-7 días), por ejemplo, cuando la carga incide mucho en el equilibrio de electrolitos y hormonas o cuando se afectan a las proteínas de las mitocondrias. Para la práctica del entrenamiento no resulta fácil encontrar el cúmulo de la curva de sobrecompensación, puesto que además de la carga anterior también entran en juego la capacidad individual de adaptación, la alimentación y otras medidas complementarias del entrenamiento, influyendo en dicha curva. En definitiva son la experiencia (del entrenador) y la observación de las condiciones individuales (del atleta) que conducen, además de los conocimientos teóricos, a resultados concretos. Además se ha de tener en cuenta que los principiantes alcanzan mucho antes un mayor nivel de rendimiento a través de la sobrecompensación que deportistas de alto rendimiento que lleven años de entrenamiento. En caso de estos últimos se ha de prever un *efecto a largo plazo de retardación* (semanas o meses).

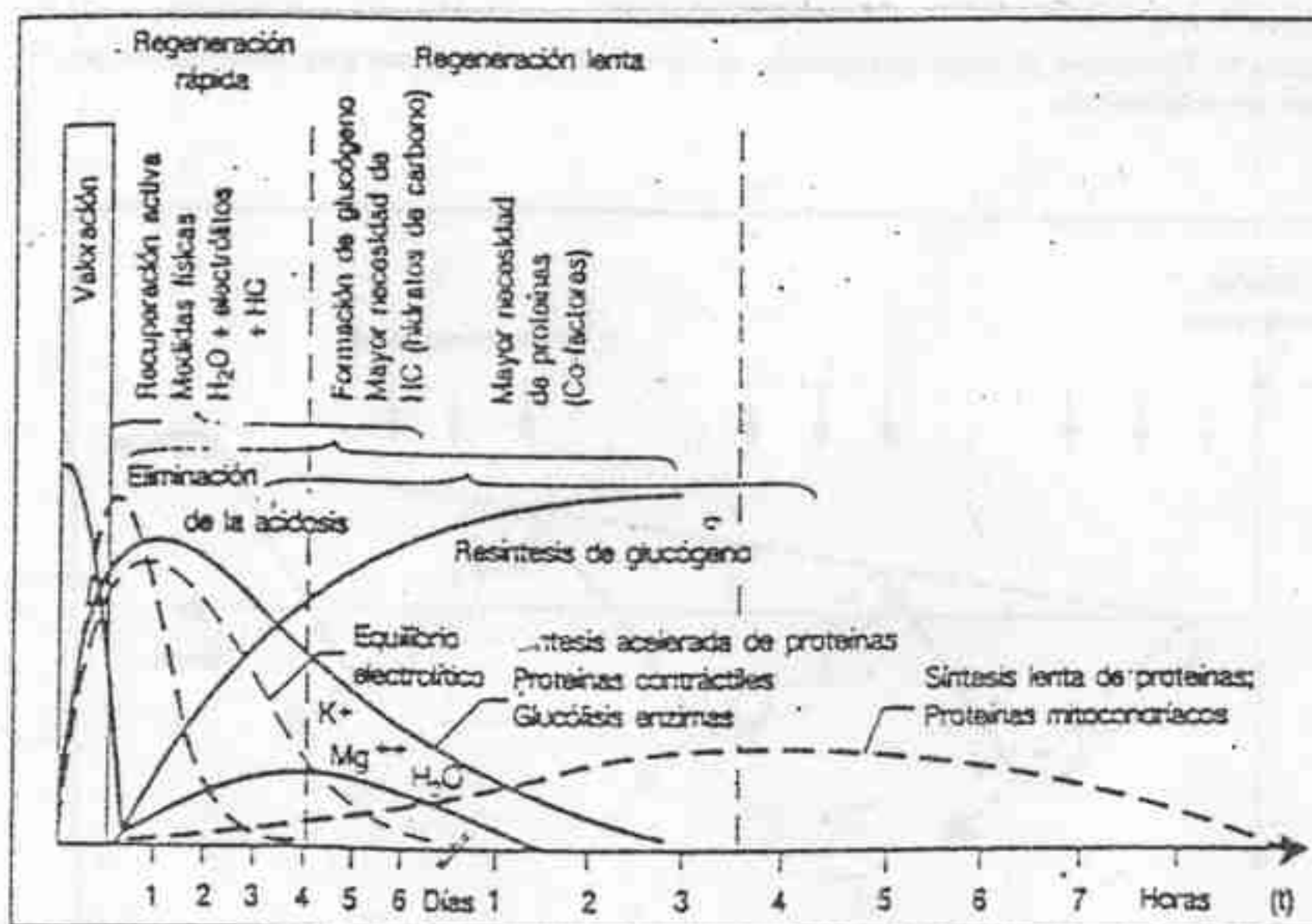


FIGURA 11: Heterocronismo del proceso de sobrecompensación con medidas paralelas complementarias del entrenamiento.

Principio de repetición y continuidad

Para alcanzar una adaptación óptima se debe *repetir varias veces la carga*, ya que el organismo ha de pasar por una serie de *modificaciones* inminentes de sistemas funcionales concretos antes de llegar a una adaptación estable. La *adaptación* definitiva sólo se alcanza cuando además del enriquecimiento en sustratos (= productos ricos en energía) se hayan producido cambios también en otros sistemas funcionales (por ejemplo, sistema enzimático, sistema hormonal) y ante todo cuando se haya adaptado el sistema nervioso central como órgano director. Sabemos que el metabolismo de la adaptación es relativamente rápido (2-3 semanas) y que los cambios estructurales (morfológicos) requieren procesos más largos (4-6 semanas, como mínimo). Las estructuras directoras y reguladoras del sistema nervioso central necesitan el mayor tiempo de adaptación (meses). A falta de estímulos de carga regulares y a largo plazo, se establece un *retroceso* de los cambios funcionales y morfológicos (*deadaptación*). Ante una adaptación ya realizada el sistema de dirección y regulación pierde entonces su estabilidad.

El fundamento biológico del principio de entrenamiento radica entonces en el fenómeno de la sobrecompensación (en nuestro caso: retroceso de la curva de sobrecompensación hasta el nivel inicial), en la heterocronidad del proceso de adaptación y en la deadaptación.

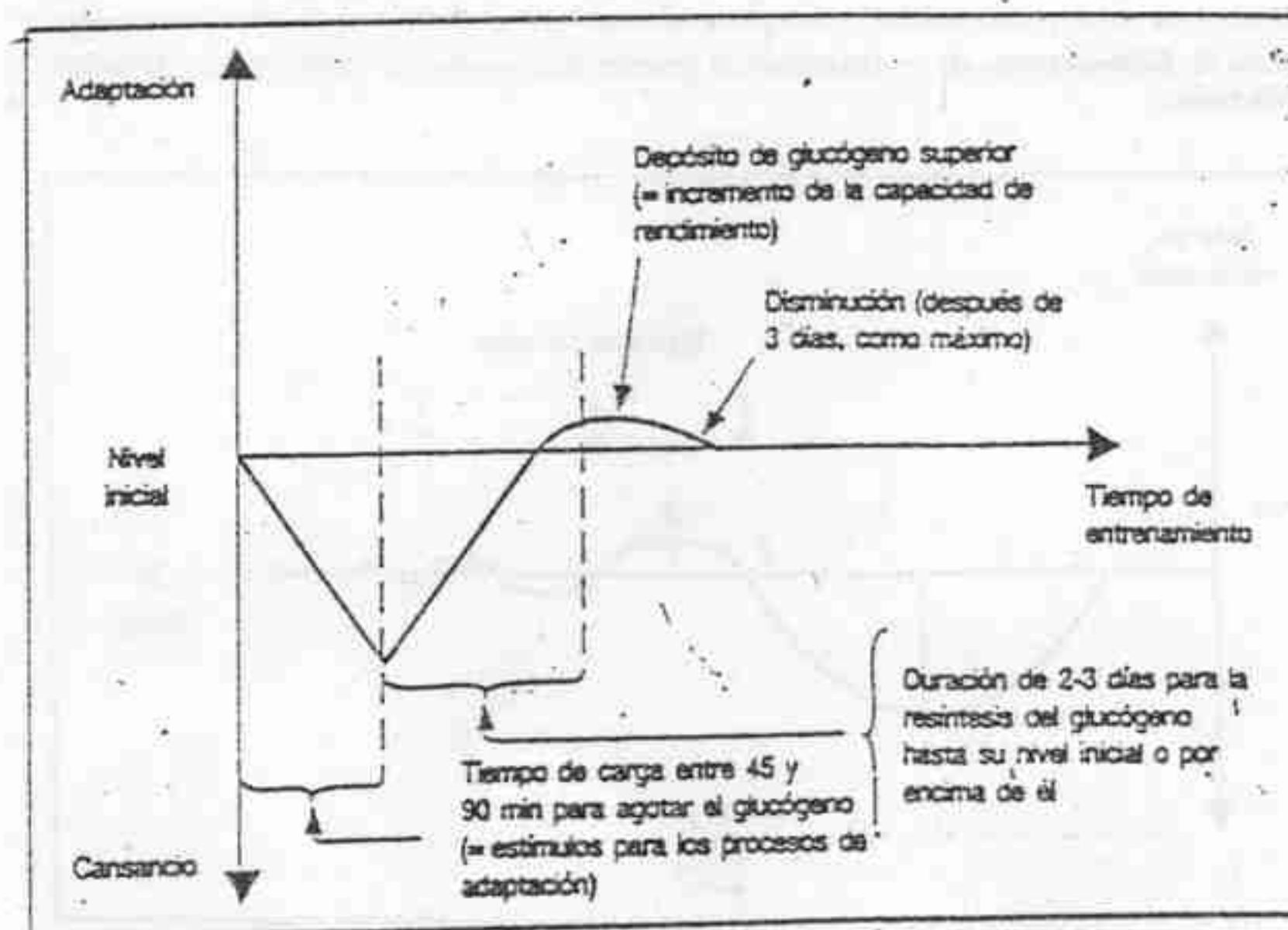


FIGURA 12: Esquema ilustrativo del proceso temporal de la sobrecompensación de los depósitos de glucógeno (modificado según JAKOWLEW, 1977).

Principio de la periodización

Un deportista no se puede situar durante todo un año en su nivel de máximo rendimiento, dado que se movería en el límite de su capacidad individual de carga. Entonces se presentaría el peligro de pasar de una situación global *anabólica* (= situación metabólica *constructiva*) a otra *catabólica* (= *degenerativa*). Luego se requiere un cambio de cargas por razones biológicas. El *carácter fásico de la adaptación* con sus fases de incremento, estabilización y reducción (fig. 13) requiere tanto a largo plazo la subdivisión del año de entrenamiento en *períodos constructivos, estabilizadores y reductores* (período preparatorio, de competiciones y transitorio) como también a medio plazo, referente a los macrociclos, un cambio entre *microciclos de mayor carga, de estabilización y de reducción de cargas*. De esta forma se evitan por un lado sobrecargas y por otro se pueden alcanzar rendimientos máximos en determinadas épocas.

Principio de la adaptación a la edad e individualidad del deportista

Puesto que el rendimiento deportivo siempre depende de varios factores, pueden existir resultados idénticos en base a diferentes capacidades particulares. Por ello resulta esencial para un desarrollo óptimo del rendimiento que se tengan en cuenta las condiciones personales de cada deportista. Se trata en primer lugar de las capacidades físicas muy sujetas a la herencia (talento deportivo-motriz, tipo de constitución, entrenabilidad) y de las características psicometales más pendientes del entorno (temperamento, motivación, inteligencia, etc.). Estas caracterís-



FIGURA 13: Curva esquematizada del proceso de adaptación biológica con fases irregulares de incremento, estabilización y reducción del nivel de rendimiento.

ticas personales se someten finalmente al desarrollo biológico, es decir, a la edad biológica. Un buen ejemplo de ello son las llamadas *fases sensitivas*, que son épocas de mayor adaptación (entrenabilidad) para las capacidades de condición física y de coordinación. Entonces se entiende que la individualidad y la edad se deban tratar conjuntamente en un principio de entrenamiento. El fundamento biológico del mismo es la capacidad individual de adaptarse (= adaptabilidad), que indica que estímulos iguales cuantitativa y cualitativamente provocan respuestas individualmente diferentes. Luego, las interrelaciones entre organismo y entorno tienen diferentes manifestaciones en función de la herencia (= expresión genética).

Principio de la especialización progresiva

En función de lo específico que resultan ser los estímulos de carga hablamos de adaptación *específica* e *inespecífica* del organismo. La adaptación específica del organismo abarca mayoritariamente los sistemas orgánicos concretos que queden afectados directamente y se manifiesta de forma limitada (local) como, por ejemplo, en la musculatura esquelética y en el sistema correspondiente de abastecimiento y de control. La diferencia entre la resistencia específica (= adaptación específica) entre un corredor fondista, esquiador de fondo, ciclista y un nadador de fondo se sitúa en primer lugar en la musculatura funcional relevante para el movimiento concreto y, en segundo lugar, se centra en la aportación de oxígeno y la función cardíaca. Las coincidencias en estos últimos ámbitos indican una *resistencia de base* (= adaptación inespecífica). Luego, el desarrollo hacia un nivel elevado de rendimiento para determinadas capacidades requiere adaptaciones específicas -basadas en las inespecíficas-, lo que supone estímulos de carga específicos para cada actividad.

Para el desarrollo del entrenamiento en global, esto significa:

- a) en los diferentes *niveles de entrenamiento* (entrenamiento de base, de profundización y de rendimiento) una mayor acentuación del entrenamiento específico por encima del entrenamiento general;
- b) para la relación entre *entrenamiento de la condición física, técnico, táctico e intelectual*, su mayor orientación en el deporte en cuestión;
- c) una *preferencia* del entrenamiento de las *capacidades físicas relevantes para el rendimiento* y de las *destrezas tecnomotrices* dentro del marco de las demás medidas de entrenamiento (por ejemplo, en la carrera de obstáculos, el entrenamiento de la resistencia de duración mediana y de la técnica de vallas, además de la resistencia de base, la fuerza explosiva y la agilidad).

Se trata aquí de una coordinación dosificada del entrenamiento de las diferentes capacidades y de la relación entre entrenamiento de la condición física y de la técnica. Este principio es esencial para el desarrollo hacia el rendimiento máximo individual específico de un deporte, puesto que los distintos elementos del entrenamiento pueden tener efectos positivos y negativos entre sí.

Su fundamento vuelve a ser la reacción *inespecífica y específica* del organismo frente a los diferentes estímulos y sus interrelaciones. Las adaptaciones inespecíficas no afectan —como las adaptaciones específicas— en primer lugar el ámbito nervioso-muscular directamente implicado por la actividad motriz, sino que primordialmente a los «sistemas complementarios». Por esto abarcan sobre todo a los *órganos controlados vía nervioso-vegetativa y hormonal* y sus centros de regulación (sistema cardiovascular, respiración, metabolismo).

Las adaptaciones inespecíficas también garantizan —después de las específicas— el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas en colaboración en niveles de rendimiento más elevados. En el ámbito de la adaptación no se debe olvidar que el desarrollo elevado de un sistema suele realizarse en detrimento de otros ámbitos.

De las interrelaciones entre adaptación específica y general que acabamos de exponer se deduce que para alcanzar o mantener un elevado nivel de rendimiento deportivo se requieren *cargas de entrenamiento de alternantes entre los tipos específico y general*. La alternancia reguladora es importante sobre todo en las modalidades de resistencia de corta y de mediana duración y de fuerza-resistencia y de velocidad-resistencia.

Un buen ejemplo de adaptación inespecífica es el fenómeno que popularmente se llama *endurecimiento* (adaptación cruzada positiva), que se puede considerar como un incremento general de la fuerza de resistencia a causa de un entrenamiento dosificado de la resistencia.

Los citados principios de entrenamiento no son tan aislados entre sí como se expusieron por razones de sistemática. Se solapan en cuanto a su contenido, se complementan y en parte excluyen mutuamente. Esto hace que no todos se puedan aplicar a la vez. Hemos de comprobar en cada caso cuáles de los principios se han de llevar a la práctica de acuerdo con el nivel de entrenamiento concreto, la clase de entrenamiento y la fase de periodización actual.

Queremos insistir aquí también que los principios formulados no constituyen un fondo teórico superfluo para la realidad del entrenamiento sino que tienen mucha aplicación para la práctica del entrenamiento. La experiencia indica concretamente que las medidas de control práctico del entrenamiento emprendidas por el entrenador no son más que la aplicación de determinados principios de entrenamiento.

Características de la resistencia como capacidad motriz

El concepto de la resistencia se define hoy día muy ampliamente en la bibliografía (teoría del entrenamiento, pedagogía del deporte, medicina del deporte). El margen dado al término resistencia es muy amplio. Un extremo de ello podría ser, por ejemplo, la resistencia ultralarga del corredor de 100 km, y el otro la resistencia corta del corredor de 400 m.

Las diferentes definiciones a veces especifican la intensidad de las cargas concretando la duración «prolongada», en otras ocasiones sólo se indica la duración de la carga como criterio esencial. La mayoría de las definiciones tienen en común el concepto de la «resistencia contra el cansancio o bien la capacidad de resistir frente al cansancio».

El *cansancio*, definido como la *disminución transitoria (reversible) de la capacidad de rendimiento*, guarda una relación decisiva con la resistencia, dado que en último término son los fenómenos de cansancio que delimitan el mantenimiento de una determinada fuerza o velocidad (= intensidad de la carga).

Formas de cansancio

Cuando se realiza un deporte pueden producirse diferentes tipos de cansancio. El cansancio de un maratoniano es otro que el de un velocista o de un tirador. Principalmente podemos diferenciar:

- *cansancio físico* = reducción reversible de la función del músculo esquelético,
- *cansancio mental* = paro transitorio de la capacidad de concentración,
- *cansancio sensorial* = disminución transitoria de la percepción sensorial (sobre todo, visual, auditiva, táctil),
- *cansancio motor (= coordinación)* = reducción transitoria de la emisión de estímulos motrices a través del sistema nervioso central,
- *cansancio motivacional (= anímico)* = ausencia de los estímulos volitivos o bien emocionales para el rendimiento deportivo.

Lo cierto es que los mecanismos reguladores del organismo humano afectan durante las cargas tanto a los sistemas orgánicos de suministro

energético como a los que originan y dirigen los movimientos. Si consideramos en el ámbito del entrenamiento de la resistencia en primer lugar el cansancio físico, no debemos olvidar los demás aspectos cara a la capacidad de resistir el cansancio. Justamente en el deporte de rendimiento es frecuente registrar una disminución del rendimiento a causa del cansancio *nervioso* (= mental, sensorial, emocional) que predomina sobre el físico (= muscular). Las formas de cansancio mencionadas no se manifiestan aisladamente sino en combinaciones, debido a los diferentes efectos de los causantes del cansancio.

Las posibles causas del cansancio son, en función de los diferentes objetivos del entrenamiento de la resistencia:

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

Debido a estas causas del cansancio se manifiestan *síntomas de cansancio subjetivos y objetivos* (tabla 4), que se hacen servir para valorar el grado de cansancio. Pero no se debe olvidar que, en caso de una disminución de la capacidad de rendimiento físico, ejercen una fuerte influencia en el resultado final los factores: práctica, agilidad y motivación.

Función de la resistencia

La resistencia tiene diferentes funciones en la práctica deportiva. La particularidad del tipo de deporte es un factor decisivo. Sobre todo es importante si se trata de movimientos *cíclicos* o *acíclicos*, *continuos* o *interválicos*, con mucha o poca *intervención de la fuerza* o de la *velocidad de movimiento* o si se presencia una *concentración* elevada o baja. Bajo este punto de vista vuelve a evidenciarse que en el fondo no puede

Tabla 4. Síntomas de cansancio (modificado según FINDSEN y cols., 1980, 242).

Síntomas subjetivos de cansancio	Síntomas objetivamente registrables de cansancio
<ul style="list-style-type: none"> - Centelleo de los ojos - Zumbido en los oídos - Sofocación - Mareo - Decaimiento - Apatía frente a estímulos exteriores - Dolor muscular 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución del rendimiento deportivo - Cesión de la fuerza muscular, mayor tiempo refractario, elevación del umbral de estimulación, disminución de las respuestas reflejas, temblor muscular, interferencias coordinativas - Desviaciones electrolíticas, incremento del lactato, modificaciones del pH, disminución del glucógeno, modificación del equilibrio endocrino, etc. - Modificación de la actividad de las corrientes cerebrales (EEG) - Disminución del rendimiento al intentar trabajar, disminución de concentración y atención, empeoramiento de la capacidad perceptiva

haber un concepto universal de la resistencia; puesto que la particularidad de la carga crea *varios perfiles de manifestación* (= tipos de resistencia).

Resumiendo, podemos destacar las siguientes *funciones de la resistencia*:

- *Mantener durante el máximo tiempo posible una intensidad óptima de la carga* a lo largo de la duración establecida de la carga (por ejemplo, en muchos deportes cíclicos de resistencia).
- *Mantener al mínimo las pérdidas inevitables de intensidad* cuando se trata de cargas prolongadas (por ejemplo, en carreras de una hora y en el maratón).
- *Aumentar la capacidad de soportar las cargas* cuando se afronta una cantidad voluminosa de carga durante el entrenamiento y en competiciones, durante una cantidad no concreta de acciones concretas (por ejemplo, en las modalidades atléticas compuestas por varias pruebas, en torneos de deportes colectivos, en los deportes de lucha).
- *Recuperación acelerada* después de las cargas (en entrenamiento y en competición).
- *Estabilización de la técnica deportiva y de la capacidad de concentración* en los deportes técnicamente más complicados (por ejemplo, salto de trampolín, patinaje artístico, o bien tiro olímpico, tiro con arco).

La resistencia como elemento de la condición física

La resistencia no se debe considerar como capacidad física independiente, sobre todo cara al entrenamiento. Los esfuerzos deportivos siempre tienen un carácter complejo, abarcan varios sistemas orgánicos del cuerpo humano. Por eso, en un entrenamiento no se podrán tratar aisladamente las capacidades físicas elementales. El siguiente concepto de la condición física y su estructura (fig. 14) demuestran la existencia de estrechas relaciones con los demás factores de la condición física.

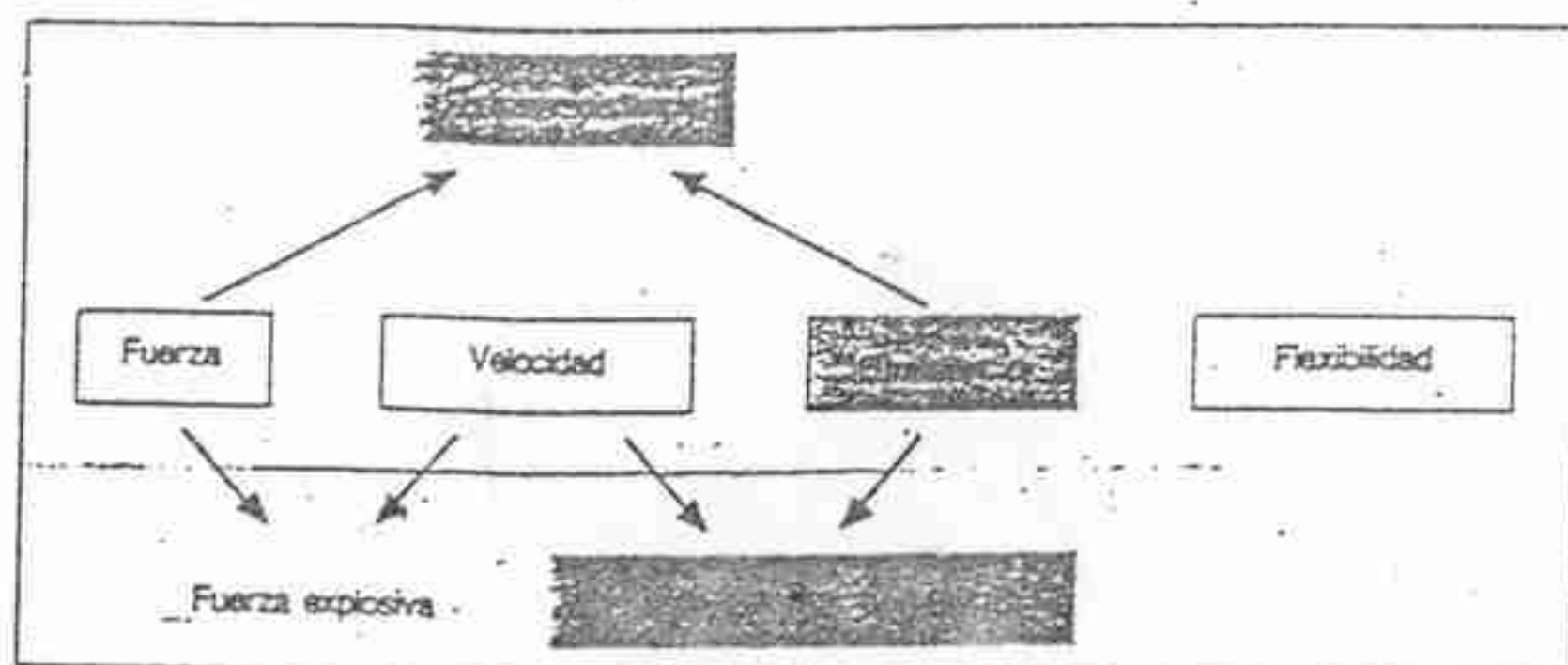


Figura 14: La condición física como suma de las capacidades físicas elementales y complejas (las capacidades de resistencia resaltadas).

La condición física es la suma de todas las capacidades físicas elementales y complejas para el rendimiento y su realización a través de las cargas físicas y psicológicas (por ejemplo, voluntad, emoción, temperamento).

Definición de la resistencia

Teniendo en cuenta las reflexiones de los últimos tres párrafos, vemos que existe una relación entre la resistencia con el rendimiento, el cansancio y la recuperación, por una parte, y que por otra la resistencia tiene una vertiente energética, coordinativa, biomecánica y psicológica.

Con la intención de obtener un concepto complejo de la resistencia –a pesar de la controversia de sus aspectos presentes– podemos definir:

Resistencia = la capacidad de resistir psíquica y físicamente a una carga durante largo tiempo produciéndose finalmente un cansancio (= pérdida de rendimiento) insuperable (manifiesto) debido a la intensidad y la duración de la misma

y/o de recuperarse rápidamente después de esfuerzos físicos y psíquicos.

Dicho brevemente:

Resistencia = resistencia al cansancio + rápida recuperación.

Más precisiones y definiciones requieren la consideración de las diferentes manifestaciones de la resistencia. Éstas se tratarán en el siguiente capítulo.

Estructura de la resistencia

Diferentes alternativas de estructuración

En la bibliografía científica del entrenamiento y médico-deportiva, la resistencia se subdivide siguiendo diferentes criterios. A consecuencia existe una *multitud de tipos de resistencia (formas de resistencia)* que se reúnen en la tabla 5.

Cada uno de estos aspectos de clasificación y formas de resistencia están justificados según cada problemática (por ejemplo, estudios médico-deportivos, metodología del entrenamiento) en la que estudiamos la resistencia como capacidad de condición física. No todos los conceptos son relevantes desde el punto de vista de la práctica del entrenamiento; pero deberían ser conocidos, puesto que a menudo se necesitan para dibujar o explicar exactamente los tipos de resistencia esenciales en la práctica. Por ello los expondremos brevemente a continuación.

Resistencia local y general

El hecho que se indique una cantidad de $1/7$ al $1/6$ de toda la musculatura esquelética como criterio de diferenciación se basa en la realidad demostrada que —en trabajos aeróbicos— por debajo de esta magnitud, el sistema cardiopulmonar como sistema encargado del transporte de oxígeno no tendrá importancia para la resistencia local. Son más los factores musculares (por ejemplo, el número de capilares, cantidad de enzimas aeróbicas y anaeróbicas, depósitos de fosfato y glucógeno) quienes delimitan el rendimiento. Para poder hablar de trabajo aeróbico debe tratarse evidentemente de formas dinámicas y si son estáticas, han de implicar menos del 15% de la fuerza máxima.

Cuando interviene más del $1/7$ hasta $1/6$ de la musculatura esquelética —es decir, en caso de la resistencia general— el sistema cardiovascular también será relevante para el rendimiento muscular.

La cantidad muscular de menos de $1/7$ - $1/6$ corresponde aproximadamente a la musculatura de una extremidad. Este tipo de esfuerzos existen por ejemplo en los «Sit-ups» (= elevación del tronco desde la posición de decúbito supino hasta la de sentado, los llamados «abdominales»), flexión de un brazo y suspensión en la barra fija con los brazos flexionados. Nos encontramos ante un esfuerzo estático local inferior al 15% de la fuerza máxima, por ejemplo, cuando estiramos un brazo horizontalmente sin carga adicional. La importancia de la resistencia local

Tabla 5. Estructuración de la resistencia según diferentes criterios de clasificación.

Criterio	Nombre	Característica	Fuente, autor
Volumen de la musculatura implicada	- resistencia local - resistencia regional - resistencia global	< $1/3$ de la musculatura $1/3$ - $2/3$ de la musculatura > $2/3$ de la musculatura	Saziorski
	- resistencia local - resistencia general	< $1/6$ - $1/7$ de la musculatura > $1/6$ - $1/7$ de la musculatura	Hollmann / Hettinger
Tipo de la vía energética mayoritariamente utilizada	- Resistencia aeróbica	Frente a una oferta suficiente de oxígeno	Hollmann / Hettinger
	- Resistencia anaeróbica	Sin participación del oxígeno	
Forma de trabajo de la musculatura esquelética	- Resistencia dinámica - Resistencia estática	Frente al cambio continuo entre contracción y relajación en contracciones prolongadas	Hollmann / Hettinger
Duración de la carga en caso de máxima intensidad de carga posible	Resistencia de duración: - corta - mediana - larga I - larga II - larga III - larga IV	35 seg-2 min 2 min-10 min 10 min-35 min 35 min-90 min 90 min-6 h más de 6 h	Harre / Pfeifer
Relación con otras capacidades de condición física o bien situaciones de la carga	- Fuerza-resistencia - Resistencia-fuerza explosiva - Velocidad-resistencia - Resistencia de sprint - Resistencia de juego deportivo/lucha - Resistencia polidisciplinar	Porcentaje de fuerza máxima: 80-30 % Realización explosiva del movimiento Velocidades submáximas Velocidades máximas Fases de carga variables Densidad de carga elevada o bien interrelación mutua	Nett, Matwejew
Importancia para la capacidad de rendimiento específica del deporte practicado	- Resistencia de base* (resistencia general)	Posibilidades básicas para diferentes actividades motrices deportivas	Saziorski, Nabatnikowa, Martin
	- Resistencia específica	Adaptación a la estructura de resistencia de una modalidad de resistencia	

* La resistencia de base se considera, según Nabatnikowa, también como parte de la resistencia específica, y es preparatoria para la resistencia específico-competitiva.

para la práctica deportiva es baja en comparación con la resistencia general puesto que en la realidad apenas se reproducen «movimientos contruados a base del laboratorio» como puede ser el movimiento de bicicleta con una pierna o el mantener un brazo estáticamente. No obstante, no debemos olvidar que los procesos biológicos de una resistencia local también se producen en esfuerzos de resistencia general y de que algunas actividades deportivas pueden topar con las limitaciones a nivel local (por ejemplo, el brazo que lleva la raqueta en el tenis, el trabajo de brazos en el esquí de fondo).

La *resistencia local* es además la capacidad física que *más se puede mejorar a través del entrenamiento*. Esto afecta primordialmente a la resistencia local dinámica aeróbica. Según HOLLMANN/HETTINGER (1980, 346), se pueden alcanzar entre varios 100% hasta incluso un 1.000% de los valores iniciales (comparemos: las posibilidades de mejora de la resistencia general dinámica aeróbica: sobre un 40%; de la fuerza máxima: un 40%; de la velocidad: entre un 15 y 20%).

Para la clasificación de la resistencia según SZIORSKI (tabla 5) basada en el cansancio local, regional y global no pudo encontrarse un razonamiento claro.

Resistencia aeróbica y anaeróbica

Esta diferenciación se basa en la *vía energética* requerida para el trabajo muscular. En la práctica competitiva de las modalidades de resistencia raras veces se presentan las dos formas de una manera pura (tabla 6).

Tabla 6. Porcentajes de las vías aeróbicas y anaeróbicas (parte superior, según SUSLOW, 1971, 23) o bien del consumo de oxígeno (parte inferior, según SZIORSKI, 1972, 75).

	100 m	200 m	400 m	800 m	1000 m	1500 m	5000 m	10 000 m	Maratón
Aeróbica	5	10	25	45	50	65	90	95	99
Anaeróbica	95	90	75	55	50	35	10	4	1

Distancia (m)	Tiempo (min)	m/s	Consumo de O ₂ %	Deuda de O ₂ %	Cantidad de lactato en la sangre
100	0:11.2	8.92	4	96	132 mg% = 14.65 mmol/l
200	0:23.6	8.47	6	94	198 mg% = 21.98 mmol/l
400	0:51.8	7.72	8	92	227 mg% = 25.20 mmol/l
800	1:56.1	6.89	23	77	211 mg% = 23.42 mmol/l
1 500	3:58.1	6.29	49	51	163 mg% = 18.09 mmol/l
5 000	16:10.1	5.15	73	27	109 mg% = 12.10 mmol/l
10 000	33:13.6	5.07	87	13	64 mg% = 7.10 mmol/l

En esfuerzos de resistencia aeróbica (aeróbico = dependiente del oxígeno) se dispone de suficiente oxígeno para la *oxidación de glucógeno y ácidos grasos*. A través de una multitud de reacciones se van degradando los depósitos energéticos hasta quedar sólo agua y dióxido de carbono como productos finales que ya no tienen más utilidad. Estos productos serán eliminados por el organismo (agua procedente de oxidación, por ejemplo, a través de orina y sudor, dióxido de carbono a través de la respiración). Cuando la intensidad de las cargas permite un trabajo por vía aeróbica, se establece un Steady-state de oxígeno. La aportación y el desgaste del oxígeno mantienen un equilibrio. Este estado no se produce hasta pasados los 2-4 minutos, debido a un desfase por la adaptación del sistema respiratorio y cardiovascular. El aumento de la captación de oxígeno produce un *déficit de oxígeno*. Éste queda compensado a través de una *mayor captación de oxígeno* (= deuda de oxígeno) después del esfuerzo.

Según HOLLMANN/HETTINGER, se divide la resistencia general aeróbica en función del tiempo de carga en:

- resistencia aeróbica de duración corta (3-10 minutos),
- resistencia aeróbica de duración mediana (10-30 minutos),
- resistencia aeróbica de duración larga (más de 30 minutos).

El criterio de esta clasificación es el *porcentaje posible de la aportación máxima de oxígeno* durante el tiempo de carga. Una persona entrenada en la resistencia es capaz de emplear durante 10 minutos el 100%, hasta 30 minutos el 90-95%, y por encima de 30 minutos menos del 90% de su volumen máximo de oxígeno. Los maratonianos de élite mundial pueden proveerse del 80-85% de su volumen máximo de oxígeno durante más de 2 horas y del 70% durante 3-4 horas (HOLLMANN/HETTINGER, 1980, 350). Además son relevantes para la *resistencia aeróbica de duración corta* el nivel del *lactato en la sangre*, para la *resistencia de duración mediana* el nivel del *umbral anaeróbico* (= porcentaje del volumen máximo de oxígeno para toda la duración) y para la *resistencia aeróbica de duración larga* la magnitud del *depósito de glucógeno y la calidad metabólica*. Así queda plasmada la resistencia aeróbica de duración corta. La resistencia de duración mediana y la resistencia de duración larga no resultan puramente aeróbicas.

Nos encontramos ante una resistencia anaeróbica cuando no existe una aportación de oxígeno suficiente para la oxidación y cuando los procesos metabólicos *sin participación del oxígeno* (anaeróbico = no oxidativo) adquieren una importancia esencial. La clave de la transformación anaeróbica en energía es la *glucólisis anaeróbica, la vía de degradación de azúcares en ácido láctico* (lactato = sal del ácido láctico). La vía anaeróbica para disponer de energía siempre se emplea cuando la oxidación aeróbica no cubre suficientemente unas exigencias elevadas de energía. La formación constante de ácido láctico provoca una *hiperaci-*

dez» del músculo. A nivel de la célula muscular se frenan muchas reacciones biológicas, lo que conduce a una interrupción de las elevadas intensidades de carga o a su fuerte reducción. El lactato pasa a través de la pared celular a la sangre y se distribuye con la circulación. El hígado, los riñones, el músculo cardíaco y la musculatura esquelética en reposo captan el lactato y lo transforman a dióxido de carbono y agua o lo reconstruyen en glucógeno, el producto inicial (hígado, riñón, músculos en reposo). La mayor captación de oxígeno después del esfuerzo sirve, por un lado, para volver a llenar los depósitos de creatinfosfato (= deuda aláctica de oxígeno) y para degradar de forma oxidativa el lactato formado (= deuda láctica de oxígeno). Además se requiere más oxígeno para la mayor actividad del músculo cardíaco y de los músculos respiratorios y para volver a llenar los depósitos de oxígeno (mioglobina).

HOLLMANN/HETTINGER subdividen la resistencia anaeróbica general (en especial en un trabajo dinámico) en:

- resistencia anaeróbica de duración corta (10-20 segundos),
- resistencia anaeróbica de duración mediana (20-60 segundos),
- resistencia anaeróbica de duración larga (60-120 segundos).

Lo decisivo para esta clasificación es el porcentaje entre la energía por vía aláctica y por vía láctica. Los trabajos de resistencia anaeróbica de duración corta se basan mayoritariamente en la parte aláctica (más del 80%), los trabajos de resistencia anaeróbica de duración mediana mayoritariamente en la parte láctica (más del 70%) y los de resistencia anaeróbica de duración larga se abastecen más de la glucólisis aeróbica predominando globalmente la parte anaeróbica (más del 60%).

Resistencia dinámica y estática

HOLLMANN/HETTINGER (1982) distinguen tanto a nivel local como general entre resistencia estática y dinámica, de acuerdo con las dos fundamentales formas de trabajo de la musculatura esquelética, mantener y mover. La diferencia se basa, en definitiva, en la vía energética requerida, dado que un trabajo mayoritariamente estático provoca una reducción del riesgo sanguíneo a nivel capilar -y también de la aportación de oxígeno- debido a la presión interna del músculo, en el trabajo estático el riego sanguíneo se altera ya a partir del 15% de la tensión muscular máxima; a partir del 50% se produce un paro total del riego sanguíneo. De esta forma, la vía energética será cada vez más anaeróbica (tabla 7). En el trabajo dinámico queda garantizada durante mayor tiempo la irrigación y una participación aeróbica más elevada debido a la alternancia entre tensión y distensión (efecto de bombeo del músculo, sobre todo para el caudal venoso de retorno).

Tabla 7. Vía energética en función de la forma de trabajo de la musculatura esquelética.

Forma de trabajo	Porcentaje de la tensión muscular en relación a la máxima			
Estática	-15 %	15-30 %	30-50 %	> 50 %
Dinámica	-25/30 %	30-50 %	50-70 %	> 70 %
	Vía energética			
	Aeróbica	Mayoritariamente aeróbica	Mayoritariamente anaeróbica	Anaeróbica

La resistencia estática también queda limitada por el cansancio nervioso (estímulos inhibidores desde el sistema nervioso central, agotamiento de la sustancia de transmisión), además de la irrigación (aporte de oxígeno, deportación de sustancias metabólicas). Ello parece ser la causa principal para el mayor cansancio en esfuerzos de resistencia estática.

A pesar del incremento de la frecuencia cardíaca que se produce en los esfuerzos de resistencia estática, no existe efecto para el sistema cardiovascular ni tampoco se puede mejorar la resistencia estática a través de este sistema.

Mejoras de la resistencia estática (de tipo aeróbico y anaeróbico) se alcanzan en primer lugar a través del aumento de la fuerza máxima estática puesto que de esta forma se sube el umbral de sensibilidad, por encima del cual se inician los procesos del metabolismo anaeróbico. Por todo ello, el entrenamiento de la fuerza-resistencia estática pertenece en cuanto a la metodología más al ámbito del entrenamiento de la fuerza.

Si combinamos los tres criterios de clasificación (masa muscular, vía energética, forma de trabajo), las posibilidades de combinación nos conducen al esquema clasificador de la resistencia según HOLLMANN/HETTINGER (fig. 15). En él se incluyen las diferentes intensidades y volúmenes de carga para el ámbito de la resistencia.

Si buscamos un significado práctico-deportivo para los deportes de resistencia y una descripción popular de determinadas «combinaciones» podemos igualar las siguientes (prescindiendo de rigor científico):

- resistencia anaeróbica local y dinámica = capacidad local de soporte
- resistencia anaeróbica local y estática = capacidad local de aguante
- resistencia anaeróbica general y dinámica = capacidad general de soporte
- resistencia aeróbica local (estática y dinámica) = capacidad local de rendimiento prolongado
- resistencia aeróbica general y dinámica = capacidad global de rendimiento prolongado.

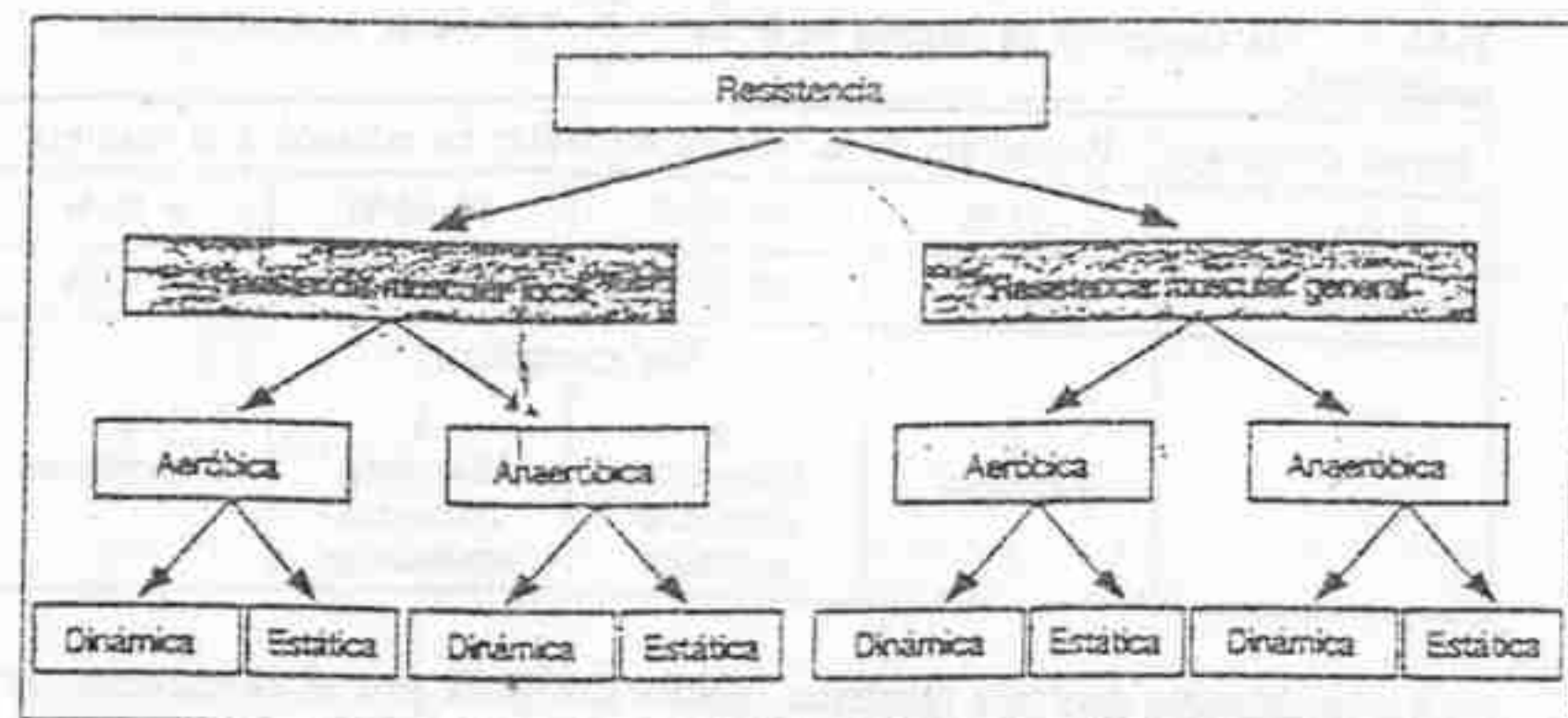


FIGURA 15: Esquema de las diferentes formas de capacidad de resistencia (según HALLMANN/HETTINGER 1980, 304).

Resistencia de duración corta (RDC), resistencia de duración mediana (RDM), resistencia de duración larga (RDL)

Algunos autores (HARRE, 1982, 157; KEUL, 1975, 632) clasifican la resistencia desde la perspectiva de la exigencia concreta en competición, o sea por la *duración de la competición* (tabla 5). Su razonamiento se basa en que las exigencias físicas y psíquicas a la resistencia dependan primordialmente del tiempo de duración de la carga. En este contexto no se debe olvidar que ha de haber una máxima intensidad de carga. Sólo entonces también existen las *condiciones metabólicas típicas* (condiciones mixtas anaeróbico-aeróbicas) para los tiempos correspondientes.

Los estudios al respecto se realizaron con corredores atléticos, lo que reduce su aplicación sólo a las cargas de carrera. Su traslación a otros deportes sólo es apropiado en determinadas condiciones.

Las diferencias en los tiempos indicados para distinguir entre RDC, RDM y RDL (tabla 8) y entre los porcentajes de las partes aeróbicas o bien anaeróbicas (tabla 6) se deben a que las condiciones metabólicas, por una parte, se hallaron mediante diferentes métodos de investigación y por otra, se investigaron diferentes rendimientos absolutos de carrera.

El límite de tiempo inferior de la RDC (45 segundos o bien 20 segundos) a la vez indica la *limitación de las modalidades de resistencia frente a otras* (de velocidad, fuerza explosiva, o de fuerza). De cualquier forma se excluye del ámbito más estrecho de la resistencia la llamada *resistencia de sprint*, es decir el tiempo de cargas en las que la vía anaeróbico-alactáica constituye una componente decisiva para el rendimiento (por ejemplo, en los sprints de 100 y 200 m, 500 m de patinaje sobre hielo, 500 m de carrera de ciclismo).

Tabla 8. Límites temporales entre RDC, RDM, RDL de diferentes autores.*

Autor	RDC	RDM	RDL
Harre (1971)	45 seg-2 min	2 min-8 min	> 8 min
Keul (1975)	20 seg-1 min	1 min-8 min	> 8 min
Harre (1979)	45 seg-2 min	2 min-10 min	I 10 min-35 min II 35 min-90 min III > 90 min
Harre (1982)	45 seg-2 min	2 min-11 min	I 11 min-30 min II 30 min-90 min III > 90 min

* Los límites de tiempo de HALLMANN/HETTINGER (1980) no se pueden comparar con los expuestos, ya que muestran los ámbitos anaeróbico y aeróbico por separado.

Globalmente se pueden caracterizar las tres formas de resistencia a través de las siguientes condiciones metabólicas:

- RDC: energía por vía mayoritariamente anaeróbica (80-60%)
- RDM: energía por vías anaeróbica y aeróbica en una relación equilibrada entre sí (60:40 hasta 40:60)
- RDL: energía por vía mayoritaria o exclusivamente aeróbica (60-100%).

La capacidad de resistencia en función de parámetros presentes

Los siguientes conceptos se crearon en función de cada uno de los factores principales de *condición física y del entorno* frente a la capacidad de resistencia cara al cansancio. En este contexto se han de nombrar primero los conceptos procedentes de la interrelación entre la resistencia y las capacidades físicas fuerza y velocidad.

Fuerza-resistencia = resistencia frente al cansancio en caso de cargas con fuertes exigencias a la fuerza.

Siendo una forma compleja de la resistencia ofrece un espectro amplio que abarca la fuerza-resistencia dinámica y estática, la resistencia a la fuerza máxima y explosiva en ejercicios cíclicos y acíclicos (THIES/SCHNABEL, 1986, 91). Las «fuertes exigencias» se entienden como *trabajos de fuerza del 80 al 90% de la fuerza máxima*. Según SAZORSKI y cols. (1970), las mejoras de los componentes de resistencia se alcanzan en este ámbito a través de la mejora de la fuerza máxima. Según HARRE (fig. 16), la fuerza-resistencia y la fuerza-resistencia explosiva se manifiestan sobre todo en forma de resistencia de corta y mediana duración.

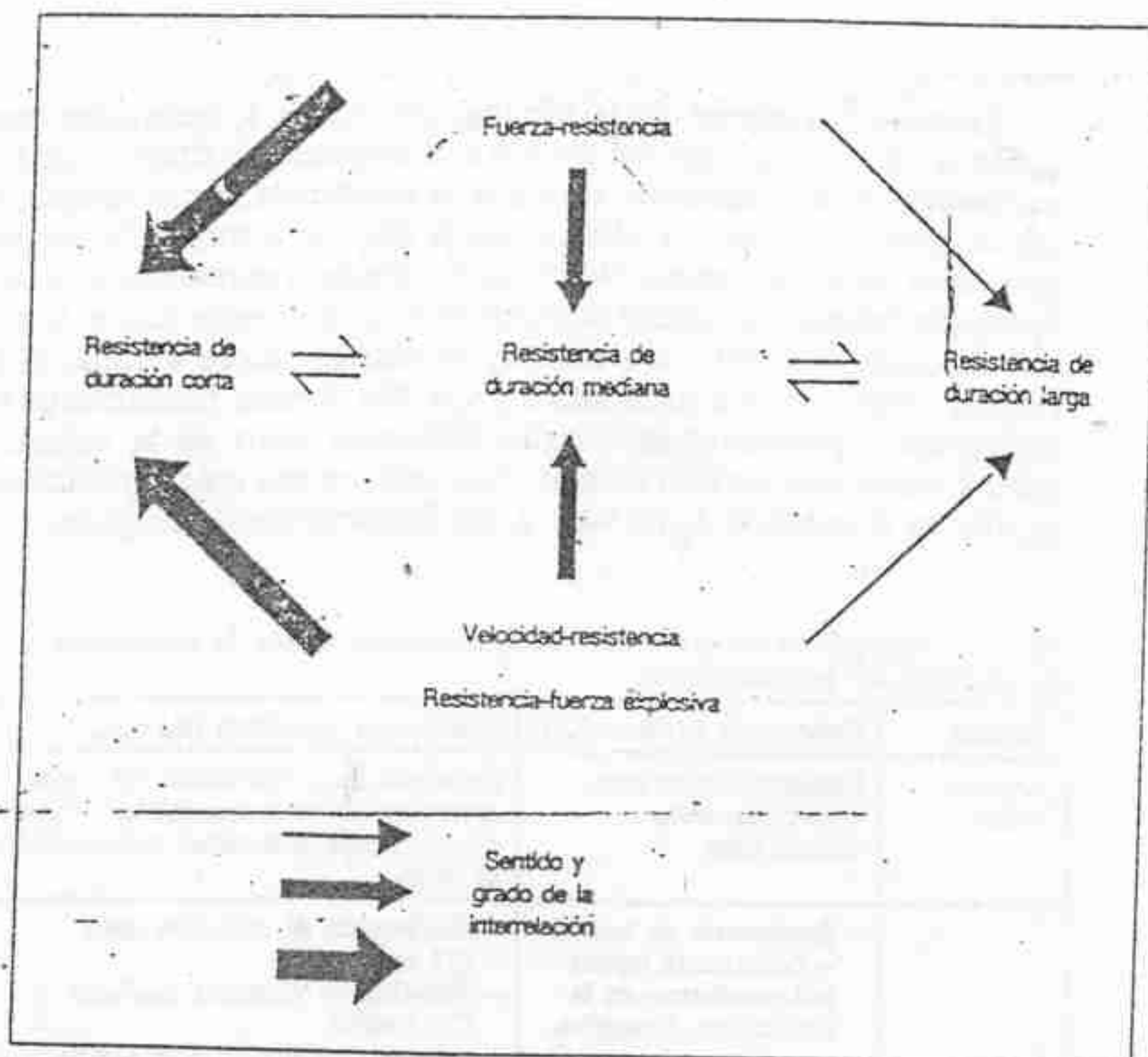


FIGURA 16: Interrelaciones entre las capacidades concretas de entrenamiento (en base a HARRE, 1976, 148, fuente: WEINER, 1986, 164).

Velocidad-resistencia = resistencia frente al cansancio en caso de cargas con velocidad submáxima a máxima y vía energética mayoritariamente anaeróbica (HARRE, 1982, 159).

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

Velocidad-resistencia y resistencia de sprint son iguales para velocidades máximas. La velocidad-resistencia y la resistencia de corta duración son iguales para intensidades submáximas o bien que constituye una componente decisiva para el rendimiento de la resistencia de mediana duración.

Desde la situación típica de carga se han formado dos nombres:

Resistencia de juego/combate = Resistencia al cansancio que mantiene baja la pérdida de rendimiento en los deportes de juego colectivo y de combate donde las situaciones de trabajo no están estandarizadas y extremadamente variables.

Las características de esta capacidad de resistencia son la repetición de fases cortas de máxima intensidad, descansos de recuperación relativa y elevado volumen de carga dentro de la actividad global. Ello requiere tanto la capacidad anaeróbica como la aeróbica en determinadas cuantías y además la resistencia al cansancio sensorial y emocional.

Resistencia en deportes pluridisciplinarios = Capacidad de conseguir en cada una de las modalidades un rendimiento parcial sin muchas pérdidas a pesar de la densidad de cargas y de la interrelación mutua entre las modalidades (interpretando a MATWEJEW, 1981, 186). No se da explicación más detallada sobre las partes del organismo implicadas.

Resistencia de base y específica

Para utilizar e interpretar los conceptos *resistencia de base/resistencia específica* no disponemos de opiniones unificadas de la bibliografía. Desde la perspectiva de los objetivos (fig. 17), existen dos tendencias que vuelven a tener puntos comunes en su caracterización de las dos capacidades. Queremos demostrarlo con unas definiciones seleccionadas de diferentes autores:

Resistencia de base = aquella resistencia al cansancio independiente del deporte en trabajos de larga duración que implican a grandes grupos musculares. Afecta tanto a la competente aeróbica de la resistencia como a la anaeróbica, con predominio de la aeróbica (JONATH, 1986, 118).

Resistencia de base = la capacidad de realizar durante un tiempo largo cualquier carga que implica a muchos grupos musculares y que guarda una relación óptima con un rendimiento específico (NABATNIKOWA, 1974, 15 y MARTIN, 1977, 127).

Resistencia específica = aquella capacidad de adaptación a la estructura de carga de un deporte/modalidad de resistencia en situación de competición. Luego queda determinada por las particularidades del deporte y del nivel de rendimiento (JONATH, 1986, 33).

Resistencia específica = capacidad de alcanzar un alto nivel de rendimiento bajo las condiciones temporales de la especialidad deportiva. Se

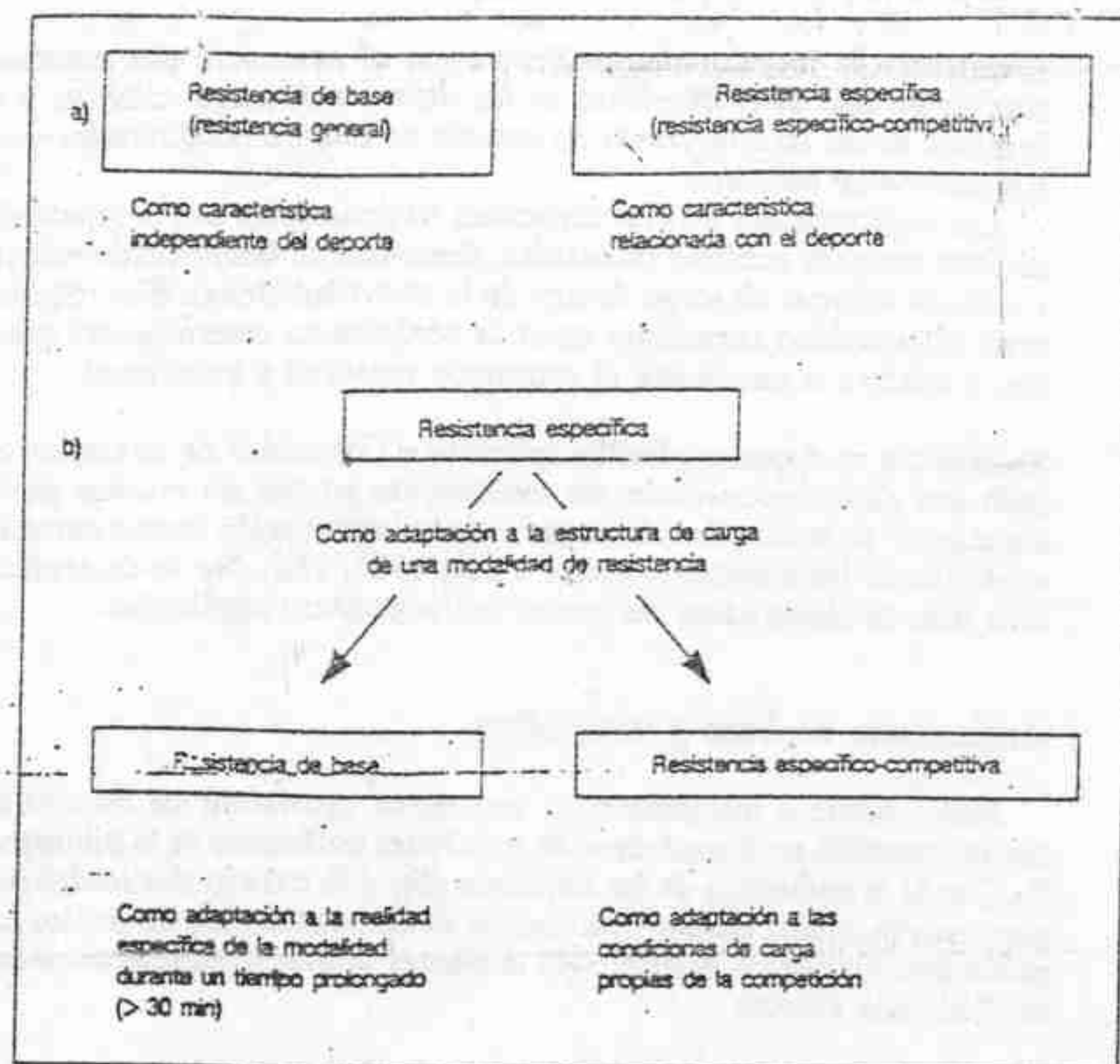


Figura 17: Exposición esquemática de los diferentes conceptos (a, b) acerca de la resistencia de base y la resistencia específica.

trata de poder mantener una intensidad óptima durante el tiempo de ejecución. Es un complejo de factores orientados en la competición (resistencia aeróbica específica, resistencia de fuerza y de velocidad específicas, economía de técnica y táctica, características psíquicas).

Para destacar más la diferencia entre la resistencia de base y la específica se ha de subrayar que la *resistencia de base es transferible positivamente* de un deporte a otro (= *transfer relativamente alto*), a pesar de que, según NABATNIKOWA, «no existe ningún tipo de resistencia que capacitará al deportista de igual manera para las diferentes formas de movimiento». No obstante, la *resistencia específica* (de alto nivel) *no es transferible en absoluto o bien sólo en determinadas condiciones* (véase corredor-nadador, ciclista-corredor). Pero sólo se puede desarrollar sobre la resistencia de base.

RESUMEN: Un repaso de la bibliografía vuelve a demostrar que no existe la resistencia como tal debido a la multitud de tipos (formas, capacidades) de la resistencia, sino que la resistencia como complejo genérico práctico-deportivo sólo se puede abarcar a través de varias capacidades de la resistencia. No obstante, desde la perspectiva de la metodología del entrenamiento se puede reducir, a nuestro juicio, la multitud de conceptos hasta una medida necesaria. Parece apropiado diferenciar dentro de una sistemática entre dos formas fundamentales de resistencia y posteriormente según diferentes tipos de la misma. La tabla 9 ofrece una versión formal. Nos ocuparemos más explícitamente de ello en el capítulo 5, en base a sus fundamentos biológicos.

Tabla 9. Sinopsis de formas y tipos de la resistencia (desde la perspectiva metodológica del entrenamiento).

Formas	Resistencia de base (RB)	Resistencia específica (R. esp.)
Característica	Carácter básico para desarrollar otras capacidades	Enfocada en la estructura de carga específica de cada modalidad, relación óptima entre intensidad y duración de la carga
Tipos	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia de base I = Resistencia básica independiente de la modalidad deportiva 	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia de duración corta (35 seg-2 min) - Relación de duración mediana (2-10 min) ambas = resistencia de velocidad o de fuerza
	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia de base II = Resistencia básica relacionada con la modalidad deportiva 	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia de duración larga I (10-35 min) - Resistencia de duración larga II (35-90 min)
	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia de base acíclica = Resistencia en juego/lucha con cambios acíclicos de la carga 	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia de duración larga III (90 min-6 h) - Resistencia de duración larga IV (> 6 h)

Fundamentos biológico-deportivos de la resistencia como complejo

Los rendimientos de resistencia parten —como todos los rendimientos deportivos— desde una motivación, se apoyan en una serie de sistemas de abastecimiento del organismo y terminan en la musculatura esquelética como sistema motor de movimiento. Según ello existe una función decisiva por parte de una serie de sistemas orgánicos. Evidentemente tienen mayor importancia aquellos sistemas responsables de la movilización de los sustratos energéticos y del abastecimiento con oxígeno. Pero también entran en juego otros para el caso de resistencia superior al cansancio. En total se implican los siguientes sistemas orgánicos:

- *musculatura esquelética*
- *sistema cardiovascular* incluyendo la sangre
- *sistema respiratorio*
- *sistema nervioso animal central y periférico*
- *sistema vegetativo*
- *sistema hormonal*
- *aparato motor pasivo.*

Los ámbitos parciales esenciales funcionales se tratarán a continuación.

Fuentes energéticas de la célula muscular

Almacenes de energía

• La célula muscular dispone de diferentes sustratos de donde se obtiene la energía para la contracción muscular (tabla 10). Mientras que los fosfatos ricos en energía se almacenan en los músculos, encontramos glucógeno y grasas también en otros depósitos.

El glucógeno se almacena en el hígado, el *glucógeno hepático* (normalmente 75-90 g) sirve en primer lugar para *mantener constante el nivel de azúcar sanguíneo* (75-95 mg%) y ayuda así a mantener la *funcionalidad del sistema nervioso central*. El sistema nervioso central depende del aporte constante de glucosa desde la sangre. Cerca del 60% del azúcar sanguíneo procedente del hígado se aplica en el metabolismo cefálico (HOLLMANN/HETTINGER, 1980, 94). Una caída del nivel de azúcar sangui-

Tabla 10. Depósitos energéticos de la célula muscular.

	Sustrato	Cantidad de restos fosfagénicos (-P) por cada kg del músculo	Tiempo máximo de utilización
1.º depósito	ATP Adenosin trifosfato	Unos 5 mmol	(Teóricamente) 2-3 seg
2.º depósito	CP Creatín fosfato	Unos 10-25 mmol	—
	Total de depósitos de fosfagénicos (fosfágeno)	Unos 30 mmol	7-10 seg (20 seg)
3.º depósito	Glucógeno (glucosa)	Unos 270 mmol	(Degradación anaeróbica) 45-90 seg
		Unos 3.000 mmol	(Degradación aeróbica) 45-90 min
4.º depósito	Triglicéridos (grasas)	Unos 50.000 mmol	Varias horas

neo a valores inferiores a 70 mg% ya puede provocar alteraciones de la coordinación. No obstante, en un trabajo submáximo, al límite del agotamiento (por ejemplo en el ámbito de la RDL-III), la *absorción de glucosa del músculo* desde la sangre que circula a través de él —y con ello el glucógeno hepático— puede tener un papel importante.

Las grasas (triglicéridos) tienen su depósito principal en los *tejidos subcutáneos*. Desde allí se moviliza la grasa a través de la liberación de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) causadas por la carga y a través de la hormona de crecimiento (STH). Las grasas llegan a través de la sangre a la célula muscular. Las grasas se utilizan *en esfuerzos energéticamente moderados* (movimientos lentos, de poca potencia) y cuando las *reservas de glucógeno están muy reducidas*. El almacén de grasas (depósito total de grasas) es prácticamente inagotable (tabla 11).

Las proteínas son generalmente importantes en el *metabolismo estructural* y menos en el funcional, puesto que en condiciones normales sólo se aprovecha un porcentaje muy bajo de las proteínas propias para fines energéticos. En esfuerzos prolongados (RDL-III y IV), sin embargo, la glucogenogénesis es bastante pronunciada. Esto demuestran los incrementos de *urea* y creatinina en el plasma sanguíneo. En este

Tabla 11. Calorías de diferentes depósitos energéticos del hombre (de unos 75 kg) (según ÅSTRAND).

Fosfatos ricos en energía (ATP, CP)	Aproximadamente	5 kcal (21 kJ)
Hidratos de carbono	Aproximadamente	1.200 kcal (5.000 kJ)
Grasa	Aproximadamente	50.000 kcal (210.000 kJ)

proceso se produce *glucosa o bien glucógeno en base a grasas* (procedentes del glicerol de las grasas) y *proteínas* (procedentes de determinados aminoácidos). De esta manera realmente se efectúa la *degradación de las proteínas del músculo*.

La importancia clave de la disociación de ATP

Cuando se requiere energía para la *contracción de la fibra muscular*, sólo se podrá conseguir *separando el resto de fosfato del ATP* (fig. 18). La energía liberada sube en condiciones estándar en una disolución de agua

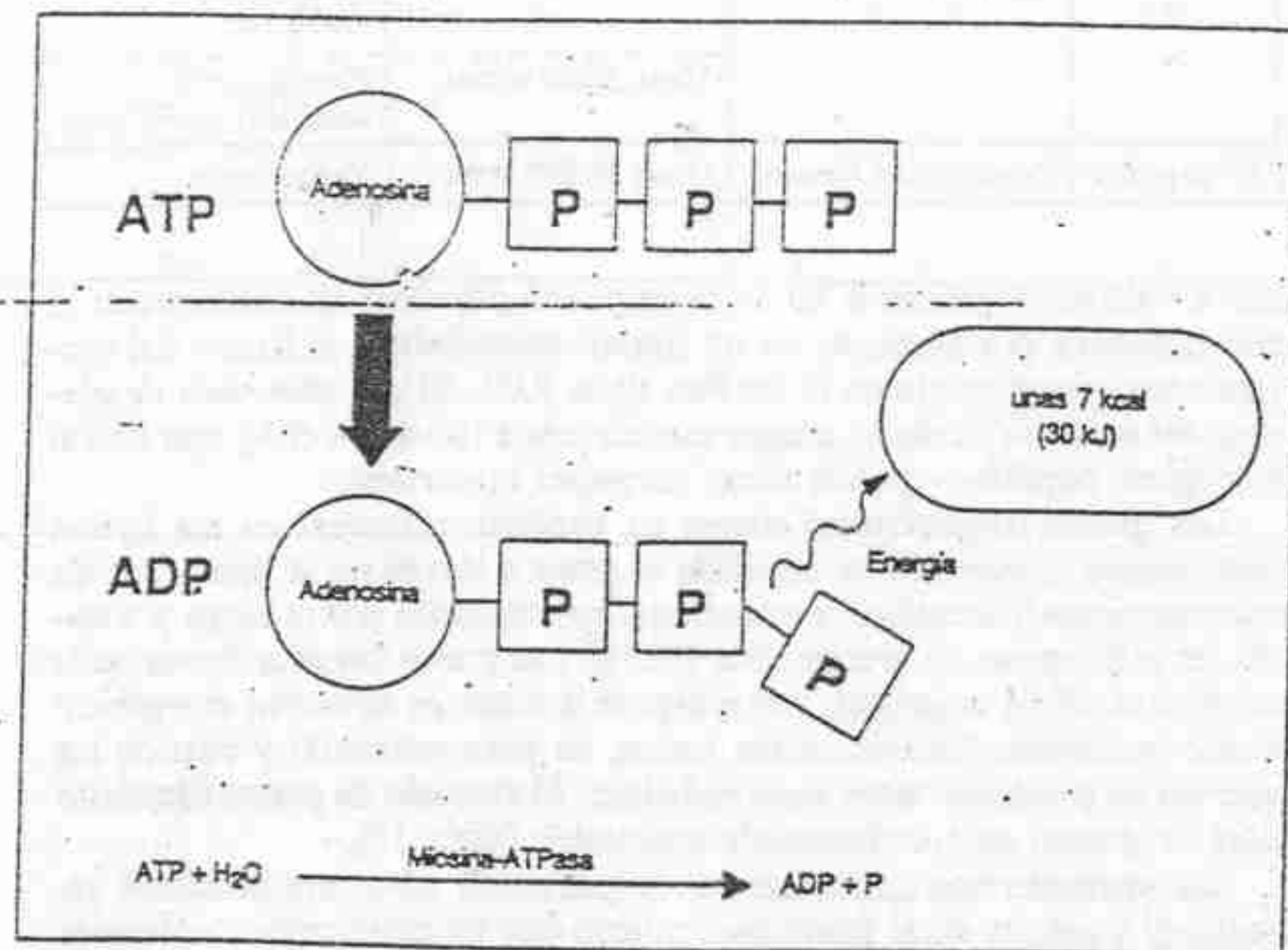


FIGURA 18: Vía energética de la degradación del adenosin trifosfato (ATP) en adenosin difosfato (ADP) mediante la enzima correspondiente (disociación hidrolítica del ATP).

a unos 7 kcal (unos 30 kJ)/mol de ATP. En las células se alcanzan hasta 9 kcal/mol. A ello se deben los datos desiguales de la bibliografía. La velocidad de esta reacción depende de la enzima miosin-ATPasa. La relación entre ATP y ADP, es decir, el cociente ATP/ADP dirige sustancialmente el posterior metabolismo energético (fig. 19). Todos los demás procesos aportadores de energía (degradación de CP, glucógeno, grasas, fig. 20) no pueden servir directamente para la contracción sino que se utilizan para la constante *resíntesis de ATP*. Lo cierto es que esta resí-

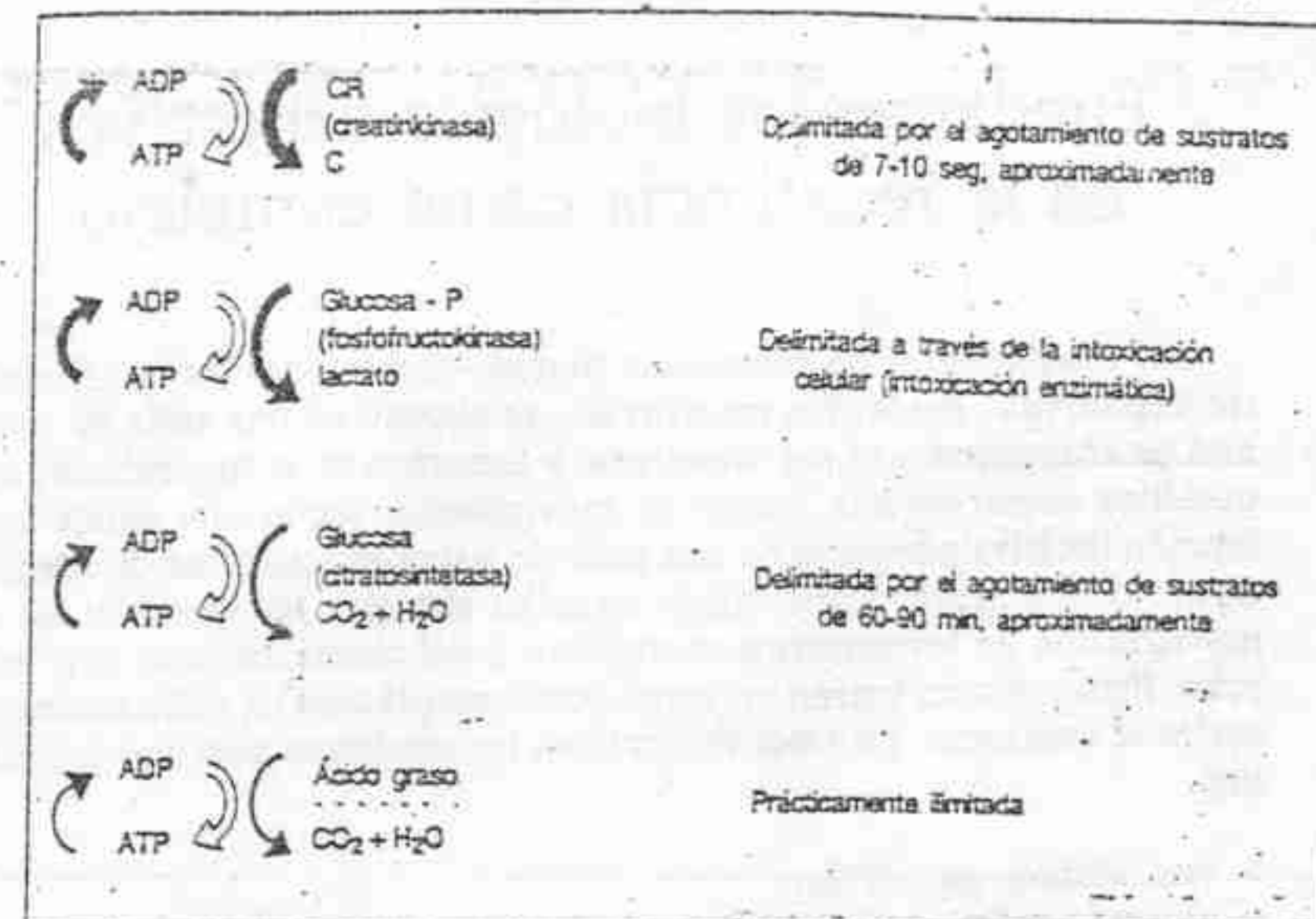


FIGURA 19: Esquema de la selección de la vía metabólica apropiada después del consumo de ATP/unidad de tiempo (según BARTZ, 1987, 72). El grosor de las flechas indica la cuantía de la corriente energética. Las enzimas clave responsables de cada reacción se especifican entre paréntesis.

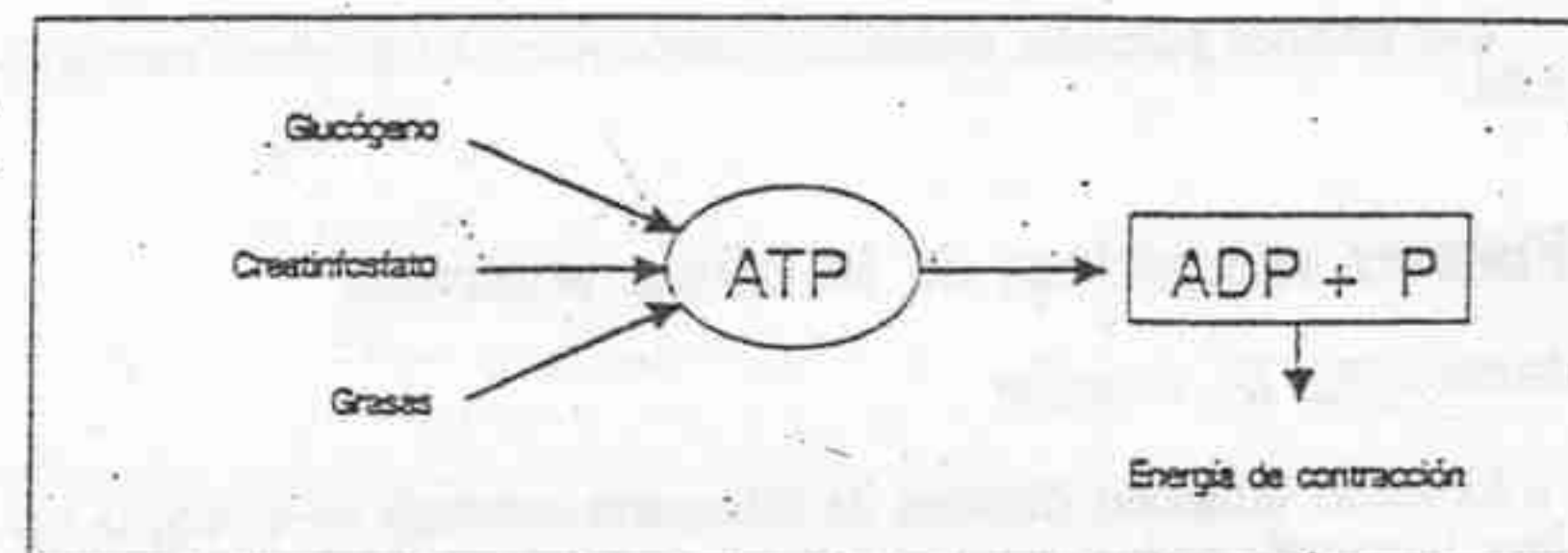


FIGURA 20: Función central del adenosin trifosfato (ATP) en el metabolismo energético de la célula muscular.

tesis de ATP requiere un aporte de energía. El ATP degradado durante una contracción aislada (100 m/seg), se resintetiza en 30 m/seg (KÜCHLER, 1983, 138).

Concretamente se requieren las siguientes reacciones esenciales (fig. 21), para el abastecimiento energético:

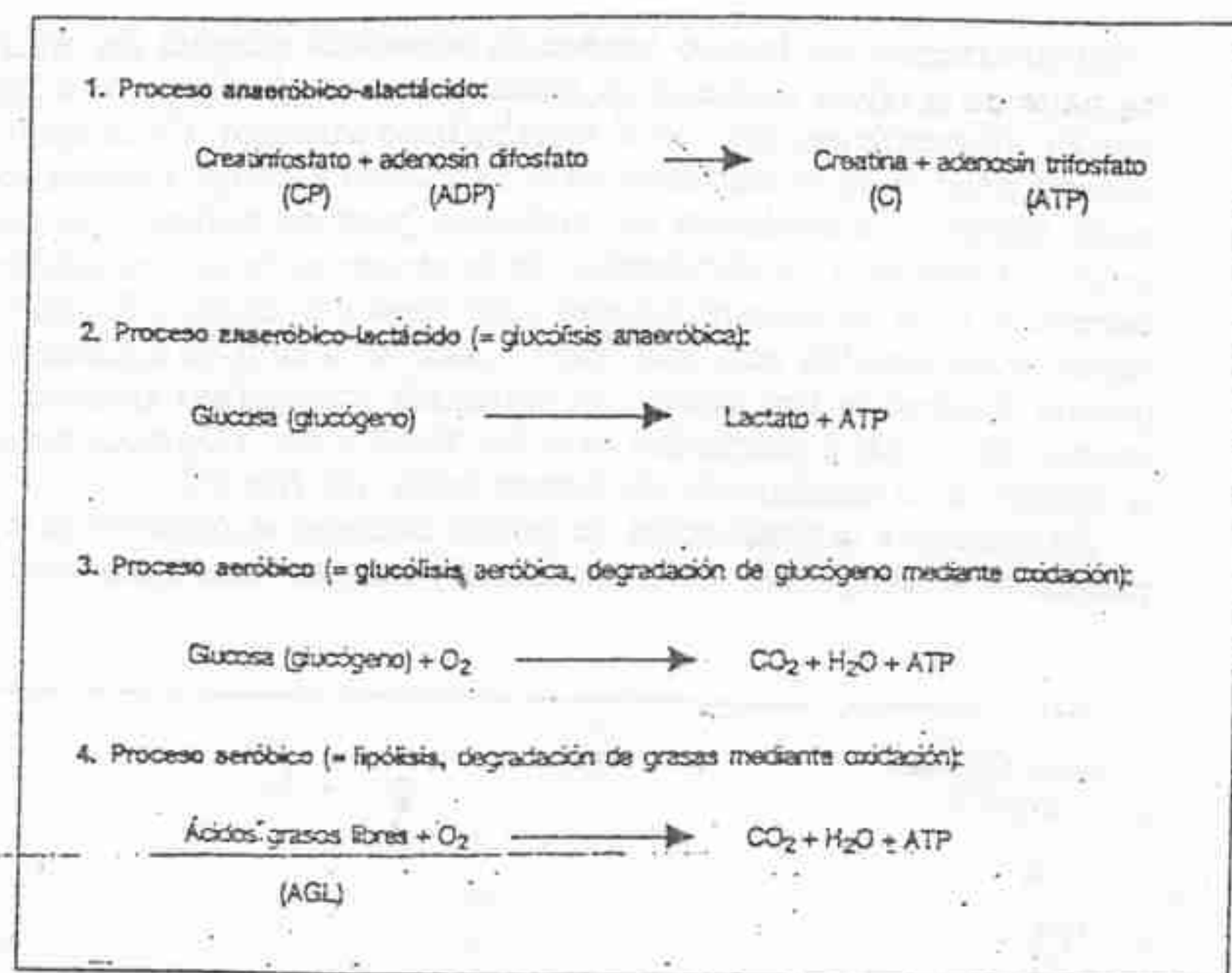


FIGURA 21: Simplificación de las reacciones de aporte energético para la resíntesis de ATP.

Metabolismo anaeróbico

La degradación de los fosfatos (ATP, CP) energéticos transcurre a ausencia de oxígeno (= anaeróbico) y sin que se produzca ácido láctico o bien lactato (la sal del ácido láctico = lactato). Nos encontramos pues ante la vía energética anaeróbico-alactácida. Esta forma se aplica cuando se requieren grandes cantidades de energía por unidad de tiempo, o sea frente a intensidades máximas de contracción, dado que la degradación del fosfato se desarrolla con sus máximos niveles de traslación energética (tabla 12). Debido a la inmediata resíntesis de ATP a partir de la degradación de CP no se vacían los depósitos de ATP, pero sí una ligera disminución de la concentración de ATP (como mucho hasta el 40% de su valor inicial de reposo, HOLLMANN/HETTINGER, 1980, 60). El depósito de CP, sin embargo, puede agotarse casi del todo (hasta el 20% de su valor en reposo). La reacción degradatoria queda determinada por la enzima creatinquinasa (CK). La restitución del depósito de CP durante la fase de descanso sigue una curva exponencial, es decir que la primera fase es muy rápida y la segunda es más lenta. En ella se implican tanto transformaciones glicolíticas como oxidativas (los procesos 2, 3, 4 en la fig. 21).

Tabla 12. Índice de flujo energético (velocidad máxima de liberación de energía) de las diferentes vías energéticas (en micromol/gramo de sustrato por segundo).

Sustrato + forma de degradación	Índice máximo de flujo micromol/g/s	Porcentaje en relación al máximo (disponibilidad)	Tiempo máximo de trabajo
ATP, CP anaeróbico - alactácida	1,6-3,0	100	7-10 seg
Glucógeno anaeróbico - lactácida	1,0	30	40-90 seg
Glucógeno aeróbica	0,5	15	60-90 min
Ácidos grasos aeróbica	0,25	7,5	Horas

Después de unos 3-5 minutos se vuelve a llenar del todo el depósito de CP.

El constante vaciado y relleno del depósito de CP (aplicado en el entrenamiento de la velocidad, de la fuerza explosiva y máxima) provoca un aumento del tamaño del depósito y una mayor actividad de las enzimas ATPasa y CK. Las exigencias de ATP apenas se incrementan. Una persona entrenada adecuadamente dispone así de un mayor abastecimiento energético de tipo anaeróbico-alactácido.

Durante la fase anaeróbica ya se inicia la glucólisis anaeróbica aun durante los procesos fosfáticos, es decir, que se degrada glucógeno (= glucosa en forma almacenada) a ausencia de oxígeno formándose ácido láctico. Se trata aquí de la vía energética anaeróbico-lactácida (fig. 21, proceso 2). Durante cargas máximas, la glucólisis se inicia sin desfase después de unos 5 seg, con intensidades submáximas después de 8-9 seg. Alcanza su máxima eficacia después de 40-60 seg. De 1 mol de glucosa se consiguen al final 2 mol de ATP (fig. 22). Esto significa unos 100-300 mmol/kg de musculatura cuando nos basamos en un depósito normal de glucógeno muscular de 50-150 mmol de unidades de glucosa/kg de musculatura. Esto implica un aprovechamiento ineconómico del glucógeno, pero tiene la ventaja de un flujo energético/unidad de tiempo bastante elevado (tabla 12). Sin embargo, no se pueden mantener intensidades máximas de contracción. La enzima clave de la glucólisis es la fosfofructokinasa (PFK); parte la glucosa en dos triosas, creando así los sustratos necesarios para los procesos posteriores. El ácido láctico que se acumula en la célula muscular cambia la acidez intracelular (disminución del pH a 6,6-6,4, siendo su valor normal en la célula: 7,0) limitando así la actividad enzimática. Con un pH de 6,3 (equivalente a una concentración de lactato de unos 40 mmol/l en la célula), la glucólisis queda totalmente autoinhibida. La actividad de la PFK cesa. La intensidad de carga se ha de reducir fuertemente o bien el esfuerzo se ha

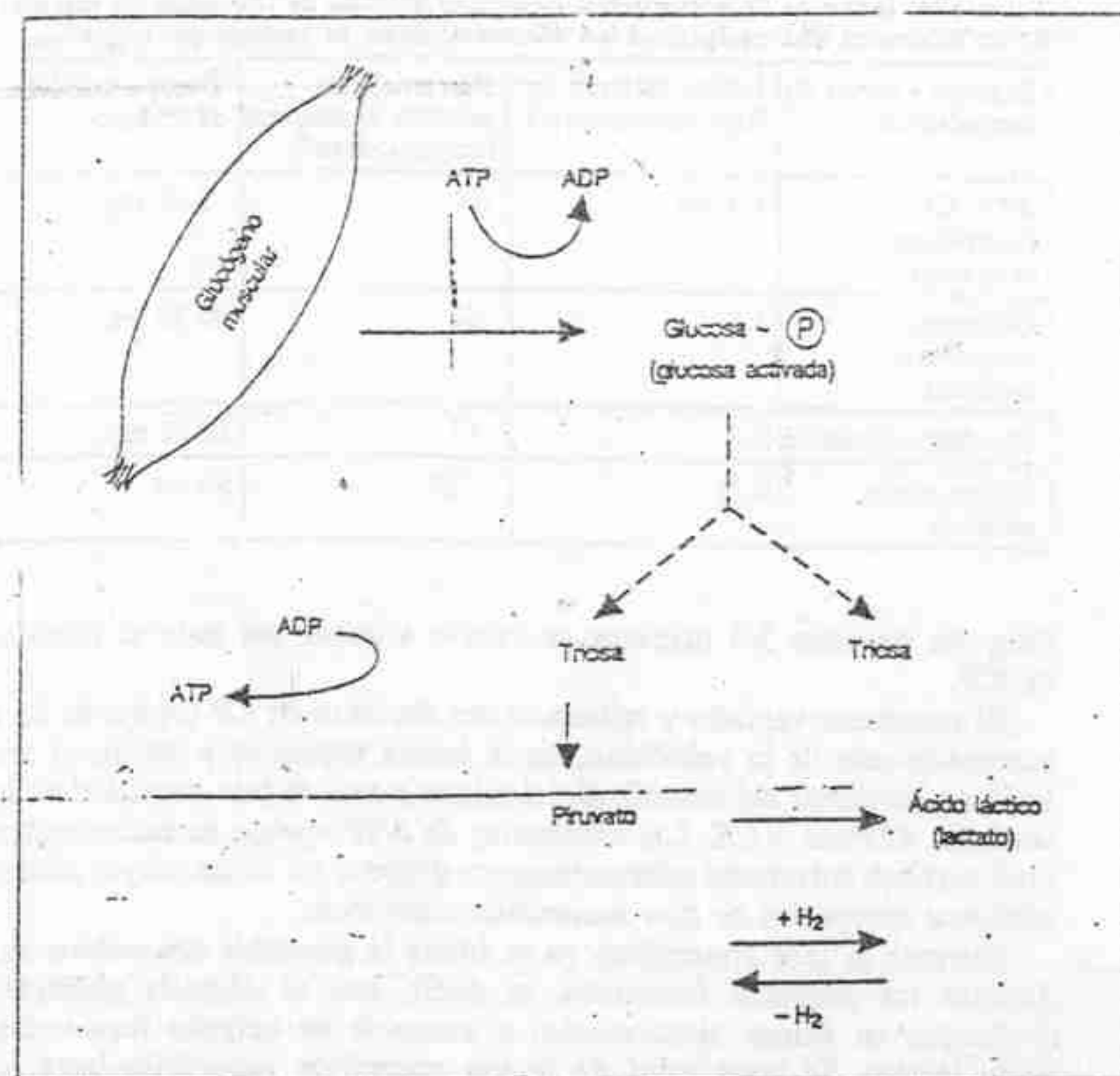


FIGURA 22: Glucólisis. Desde la forma depositaria el glucógeno se disocia en glucosa (= compuesto con 6 C-átomos), se activa (= se fosforiliza), se descompone en 2 triosas (= compuesto con 3 C-átomos) y se degrada a piruvato. El piruvato se hidroliza a ácido láctico (= lactato) (según BAOTKE y cols., 1987, 61).

de parar del todo. Por esta razón es prácticamente imposible agotar los depósitos de glucógeno a través de la vía anaeróbico-lactácida.

Las altas concentraciones de lactato (sobre todo en caso de repetirse) también pueden dañar elementos de la célula (por ejemplo, las mitocondrias).

En caso de acumulación de lactato en la célula, éste pasa a través de la pared celular a su entorno, sobre todo a la sangre. Los valores de concentración de lactato en la sangre en reposo se sitúan alrededor de 1 mmol/l. Los valores máximos de lactato sanguíneo que se registraron con cargas de RDC en deportistas de élite fueron de 25-27 mmol/l. Valores superiores a 20 mmol/l se consideran como extremos. Los valores más bajos de pH sanguíneo fueron poco inferiores a 7 (6,9).

La eliminación del lactato producido se efectúa después del esfuerzo en parte en la célula mediante su restauración en glucógeno o su degradación -liberando energía- en el metabolismo aeróbico. De la sangre se elimina a través de su oxidación en el miocardio y su distribución en hígado, riñones y musculatura no implicada (para su resíntesis en glucógeno). La velocidad de eliminación de la sangre es de 0,5 mmol/l/min, cuando se trata de concentraciones superiores a 5 mmol/l. Si son inferiores la eliminación será más lenta. Todo el lactato se elimina en el tiempo máximo de tres horas. Los descansos activos (por ejemplo, una carrera lenta final a intensidad baja del 40-50% del $\text{VO}_{2\text{máx}}$) reducen el tiempo de la eliminación de lactato hasta 1/3 (fig. 23).

En relación a la producción de lactato también es importante la capacidad de amortiguación de musculatura y sangre. Amortiguadores son

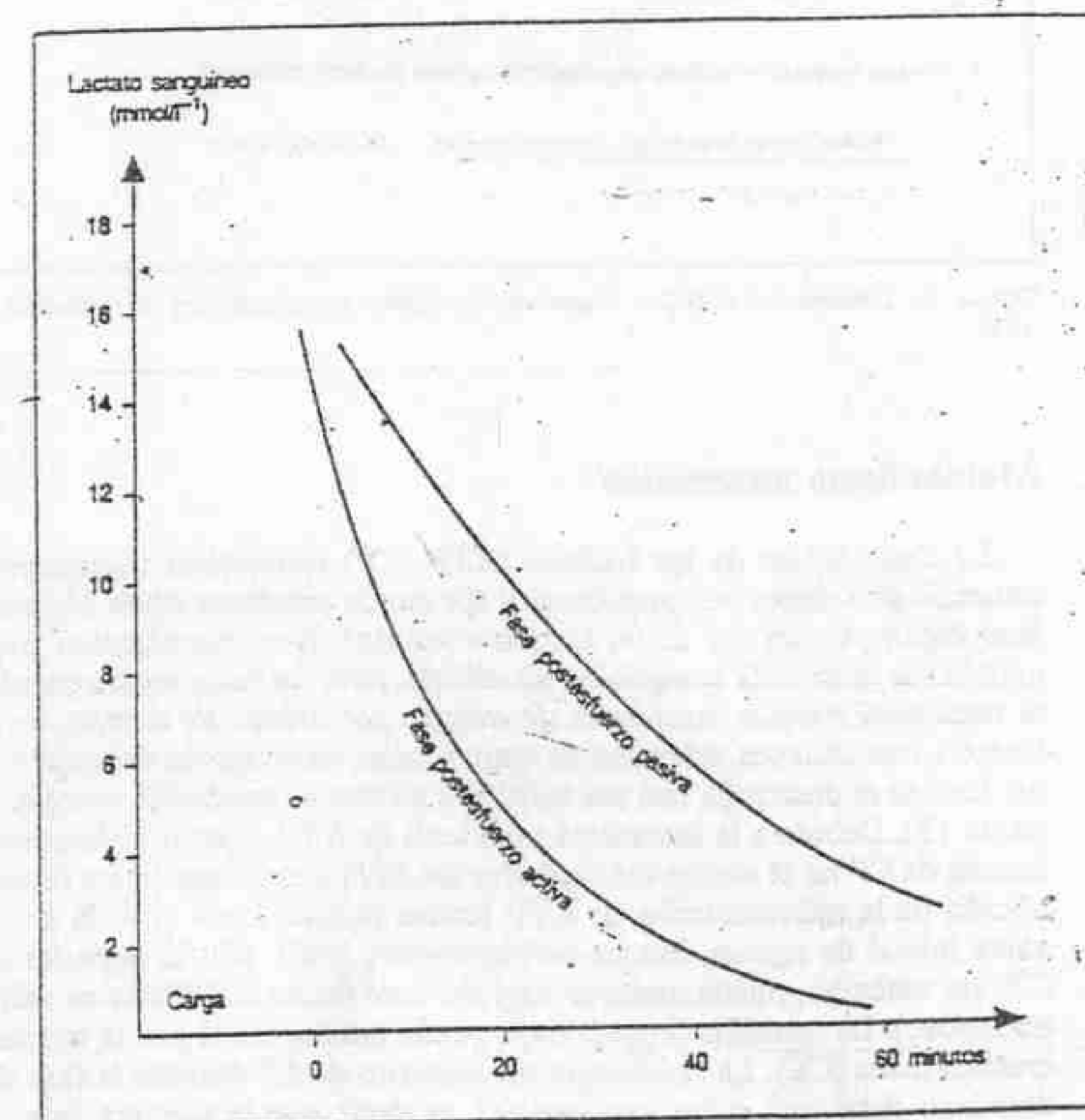


FIGURA 23: Eliminación acelerada del lactato de la sangre mediante organización activa de la fase postesfuerzo (según BAOTKE y cols., 1987, 334).

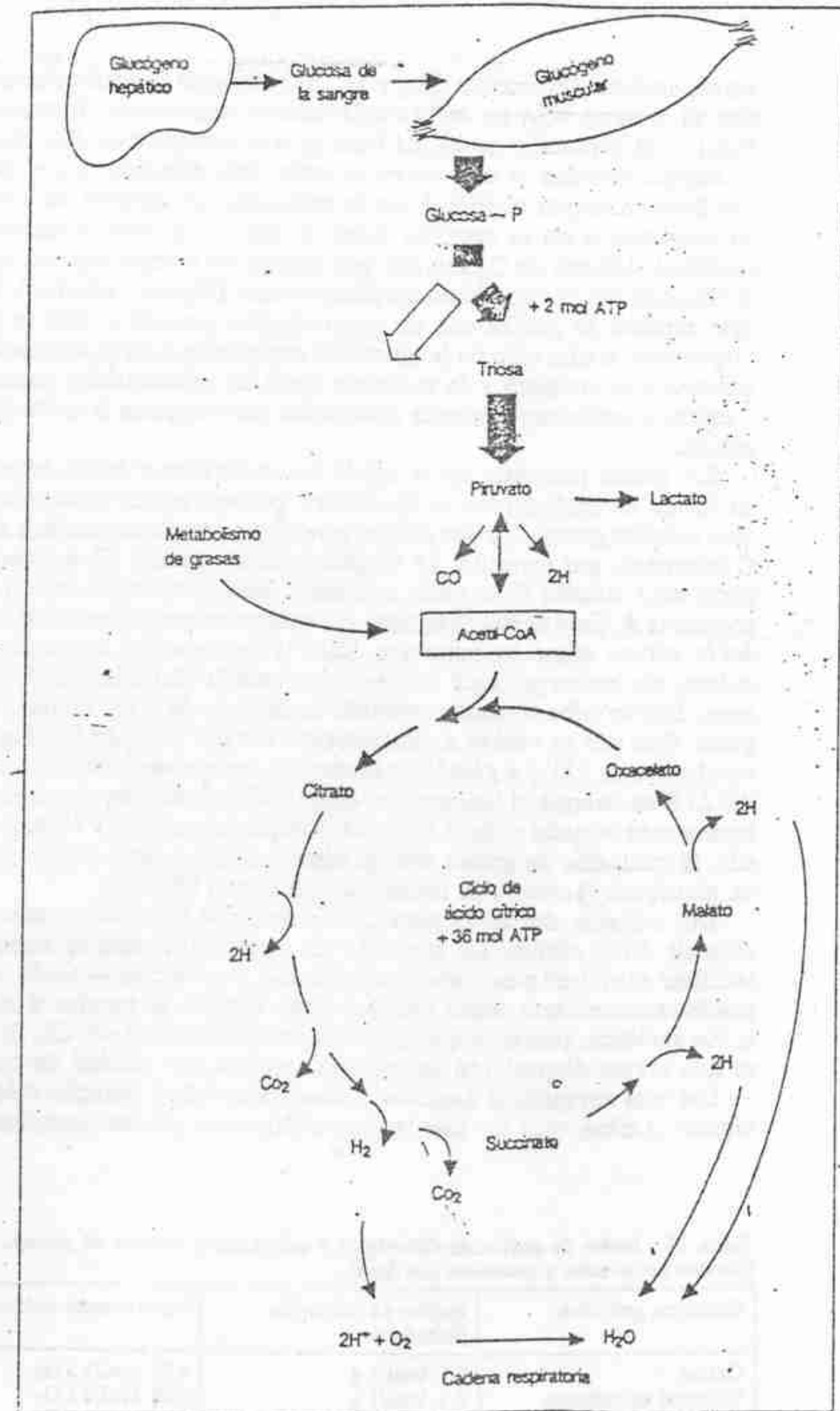
-simplificando la explicación- materias que pueden contrarrestar el efecto de ácidos y bases sobre el pH del líquido corporal y de los tejidos hasta que se gaste su capacidad. La capacidad de amortiguación total se distribuye de la siguiente forma entre los diferentes sistemas de amortiguación: bicarbonato sobre un 64 %, hemoglobina sobre un 29 %, proteínas del plasma sanguíneo sobre un 6 %, fosfatos sobre un 1 % (WEINECK, 1983, 77). El lactato que pasa a la sangre se amortigua sobre todo mediante el bicarbonato plasmático. Con el entrenamiento se pueden aumentar sobre todo el bicarbonato y la hemoglobina, ya que la cantidad global de sangre se incrementa. Esto se manifiesta en un retraso de la modificación del valor de pH, o sea un retraso de la sobreacidez (frente a una persona no entrenada).

La tolerancia a la acidez es la capacidad de poder continuar la contracción muscular un determinado tiempo a pesar de su sobreacidez. Esto casi no tiene importancia para la resistencia anaeróbica. Sobre el aspecto puramente bioquímico de esta capacidad sabemos que existen diferencias individuales y una cierta posibilidad de entrenarlo. No podemos separar de ello el aspecto psíquico que es el mantenimiento del trabajo muscular a pesar de una fuerte sensación de dolor. Para suprimir el dolor parece responsable la liberación de endorfina (endorfinas = sustancias propias del cuerpo que bloquean al dolor) del sistema nervioso central.

Metabolismo aeróbico

La forma aeróbica de disponer de energía consiste en la degradación de glucógeno o bien glucosa y también de las grasas con participación del oxígeno obteniéndose como productos finales el dióxido de carbono y agua (fig. 21, procesos 3 y 4). Esta vía se utiliza cuando se requiere menos energía por unidad de tiempo. El flujo máximo de energía en la degradación aeróbica de glucógeno sólo es la mitad y de grasas sólo una cuarta parte de la glucólisis anaeróbica (tabla 12). Los sustratos, sin embargo, sólo se degradan de forma incompleta y por ello se emplean con mayor economía. De 1 mol de glucosa se consiguen a través de la oxidación un total de 39 mol de ATP, 36 a partir del ciclo de ácido cítrico. Esto son 18 veces más que en la glucólisis anaeróbica, 1 mol de ácidos grasos (por ejemplo, el ácido palmítico con 16 átomos de C) aporta 130 mol de ATP. Los diferentes pasos de la degradación aeróbica del glucógeno (fig. 24), son los mismos que los de la glucólisis hasta el piruvato. Entonces, el piruvato se oxida (liberando 2 átomos de H) y se descarboxida (liberando CO_2). Se produce el acetyl coenzima A que se introduce en el ciclo de ácido cítrico donde se sigue degradando mediante

FIGURA 24: Degradación aeróbica del glucógeno a través del ciclo de ácido cítrico y la cadena respiratoria. (El grosor de las flechas ilustra la posibilidad del flujo energético.)



varias enzimas (liberando CO_2 y H). El hidrógeno liberado (iones-H) se une al oxígeno (O_2) en la llamada *cadena respiratoria* (formación de H_2O). Esta oxidación biológica final es muy complicada. *Dos tercios de la energía liberada se convierten en calor*. Esto significa que el oxígeno que llega en mayor cantidad por la activación del sistema cardiovascular-respiratorio no se necesita hasta el final de la cadena reactiva. La cantidad máxima de O_2 gastada por unidad de tiempo expresa por ello el volumen del metabolismo aeróbico (véase $\text{VO}_{2\text{máx.}}$, relativo). El *proceso aeróbico* se realiza con un cierto *desfase* durante el cual se pone a disposición el piruvato de la glucólisis anaeróbica. Con la activación del transporte de oxígeno y de sustratos hacia las mitocondrias pasan unos 2 minutos hasta que se pueda desarrollar por completo la oxidación aeróbica.

Las grasas presentes en la *célula muscular* y en el *tejido subcutáneo* en forma de triglicéridos se desdoblan primero en las sustancias *glicerina* y *ácidos grasos*. De los ácidos grasos que contienen muchos átomos C (estearina, por ejemplo, 18 C; palmitina 16 átomos C) se separa una parte de 2 átomos C en cada oxidación beta, y se activa en un *acetil-coenzima A*. Este *acetil-coenzima A* se introduce entonces en el *ciclo de ácido cítrico*, como ya sabemos. Para la degradación de grasas se requiere, sin embargo, *más oxígeno* que para la degradación del glucógeno. Esto se debe al poco contenido en oxígeno de la molécula de ácido graso. Con ello se vuelve a contrarrestar el valor calórico fisiológico favorable (tabla 13). La *glucólisis* incluso da un *aprovechamiento superior del 13%* en energía si tenemos en cuenta la equivalencia de oxígeno. Ya hemos mencionado el bajo flujo de oxígeno por unidad de tiempo. Por ello, la oxidación de grasas sólo se efectúa frente a cargas bajas y a falta de glucógeno (bajando la intensidad de carga) (fig. 25).

Las *enzimas* decisivas para la vía aeróbica las encontramos en el *ciclo de ácido cítrico*. La *sinetasa de citrato (CS)*, que se encarga de catalizar el primer paso (*acetil-coenzima-A + oxalácido → ácido cítrico*) puede caracterizarse como *enzima clave*. Cuando se emplea a menudo la vía aeróbica, aumentará marcadamente la actividad del CS. El efecto es una mayor disposición de energía aeróbica por unidad de tiempo.

Las vías energéticas aeróbica y anaeróbica tienen *ventajas e inconvenientes*. Ambas vías no son incompatibles sino que se complementan

Tabla 13. Índice de oxidación fisiológica y equivalencia calórica de grasas, hidratos de carbono y proteínas (en kcal).

Sustancia nutritiva	Índice de oxidación fisiológica	Equivalencia calórica
Grasas	9,3 kcal/l g	4,65 kcal/l l O_2
Hidratos de carbono	4,1 kcal/l g	5,05 kcal/l l O_2
Proteínas	4,1 kcal/l g	4,48 kcal/l l O_2

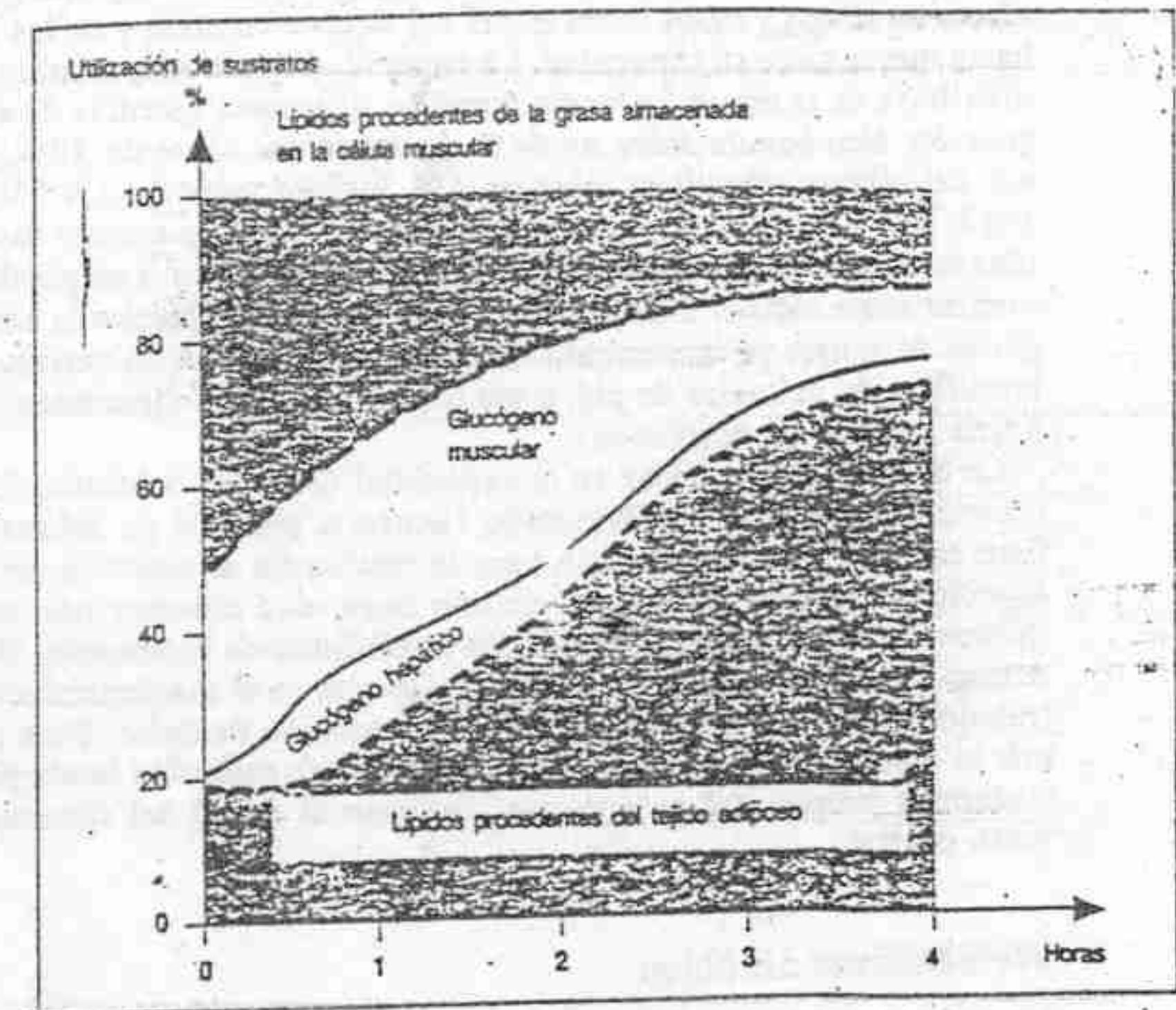


FIGURA 25: Curva de la utilización de grasas de la célula muscular y del tejido adiposo durante cargas de resistencia de baja intensidad y larga duración (según BASTICE, 1987, 71).

mutuamente. Depende de la *intensidad de la carga* y por ello de la necesidad de *flujo energético por tiempo* cuál será la vía más requerida en cada situación. La tabla 14 vuelve a remarcar las diferencias.

La utilización de las proteínas como fuente energética constituye una *situación excepcional del cuerpo*, sin embargo se presenta en cargas de RDL extrema. Es sólo entonces cuando más del 3-5% del metabolismo energético se cubre con la degradación de proteínas. Los aminoácidos como bases de las proteínas serán entonces transformados en piruvato y acetil-coenzima-A para ser introducidos en el *ciclo de ácido cítrico*. Evidentemente, las proteínas o bien aminoácidos sólo se degradan por vía aeróbica.

Función de enzimas y sustratos

La transformación energética dentro de cada vía metabólica depende del contingente de enzimas y de sustratos.

Tabla 14. Ventajas y desventajas de las vías aeróbica y anaeróbicas.

Oxidación aeróbica	Glucólisis anaeróbica
<ul style="list-style-type: none"> - El suministro energético es relativamente lento - La cantidad de energía liberada por unidad de tiempo es relativamente baja + La energía total disponible es relativamente grande 36 mol ATP/mol glucosa 130 mol ATP/mol lípidos + No se forma lactato - En las mitocondrias: Piruvato y oxígeno han de llegar a las mitocondrias, el ATP, H₂O, CO₂ producidos han de volver a salir de ellas 	<ul style="list-style-type: none"> + El suministro energético es relativamente rápido + La cantidad de energía liberada por unidad de tiempo es relativamente alta - La cantidad de energía total disponible es relativamente pequeña 2 mol ATP/mol glucosa - Formación de lactato + En el plasma celular: no se requiere transporte de los productos metabólicos

Las enzimas determinan como biocatalizadores la velocidad de las reacciones. Su actividad depende de su concentración (cuantas más enzimas mayor actividad) del óptimo grado de acidez (valor pH), de la temperatura óptima y de la cantidad de sustratos. En ocasiones también se requiere la presencia de coenzimas. De esto se desprende la importancia de, por ejemplo, la sobreacidez, el calentamiento, la plenitud de los depósitos energéticos para cada uno de los tipos de producción energética.

La importancia decisiva dentro de la cantidad total de enzimas cobran las enzimas clave. Son aquellas encargadas de las reacciones de emergencia. La tabla 15 ofrece una sinopsis de ello. El entrenamiento con su modo correspondiente de carga incide en su cantidad. Después de pocas sesiones de entrenamiento ya se observan aumentos de enzimas y serán claramente medibles después de 4-8 semanas. A la inversa,

Tabla 15. Enzimas clave de las diferentes vías energéticas (según BADTKE, 1987, 68).

Vía energética	Enzima clave	Área de reacción
Anaeróbico-alactácida	Creatinkinasa	Aparato contráctil (miofibrillas)
Anaeróbico-lactácida	Fosfofructokinasa (FFK)	Plasma celular
Glucólisis aeróbica (degradación de glucógeno)	Citrato sintetasa	Mitocondrias
Lipólisis aeróbica (disociación de triglicéridos y betaoxidación de los ácidos grasos)	Enzimas de la betaoxidación, citrato sintetasa según cada caso	Mitocondrias

se puede estimar la *tendencia del efecto del entrenamiento* en base a los cambios en los recursos enzimáticos. El desarrollo unilateral de unas enzimas hacen bajar a otras. Esto se debe de tener en cuenta durante el proceso de entrenamiento (sobre todo durante la periodización) de los diferentes tipos de resistencia. Mezclando adecuadamente los diferentes métodos de entrenamiento podemos alcanzar un mayor nivel incrementando enzimas «puestas» y mantener el dominio del metabolismo más importante para un determinado tipo de resistencia.

Los depósitos energéticos (= sustratos útiles) ya se mencionaron al principio. Aquí sólo queremos destacar la importancia de su cuantía para la actividad enzimática para la entrenabilidad. El depósito de CP se incrementa en función del entrenamiento. Esto se observa sobre todo en las fibras musculares FT cuando se da preferencia a la intensidad necesaria de la carga. Los depósitos de glucógeno se incrementarán a nivel de músculos e hígado. No se demostraron diferencias entre los tipos de fibras (fibras ST y FT). Los no entrenados disponen de unos 80 g de glucógeno hepático y de unos 350 g de glucógeno muscular. Estos valores pueden aumentar en los entrenados a 120 g y 650 g respectivamente (según BADTKE y cols., 1987, 70). La alimentación rica en hidratos de carbono es decisiva para el almacenamiento del glucógeno. Los depósitos de grasa del músculo y del tejido subcutáneo son casi inagotables. No se han de rellenar a conciencia. No obstante, se observa una mayor deposición de triglicéridos en las fibras ST como consecuencia del entrenamiento.

El ácido láctico sólo constituye un sustrato útil para el músculo cardíaco, dado que se transforma allí directamente en CO₂ y H₂O. Con una mayor actividad del músculo cardíaco se incrementa el porcentaje de la disociación del lactato (2/3) frente a los ácidos grasos libres (1/5) y la glucosa (1/7) (hasta el 90% durante un esfuerzo máximo), mientras que existe una distribución igualada de 1/3 por cada parte con un trabajo cardíaco de reposo.

Intensidades de las cargas y su abastecimiento energético

Ya mencionamos en otro contexto que la exigencia energética por unidad de tiempo, es decir la intensidad de la carga, es en última instancia decisiva para determinar la vía energética a emplear, o sea si ésta será alactácida, lactácida o aeróbica. Pero dado que en las cargas deportivas a menudo no sólo se emplea una vía sino diferentes a la vez, podemos destacar determinados espacios de tiempo con dominio de una vía energética, suponiendo que se dé una intensidad óptima de carga. La figura 26 nos indica lo siguiente:

- los depósitos de fosfato son decisivos para tiempos inferiores a 10 seg,

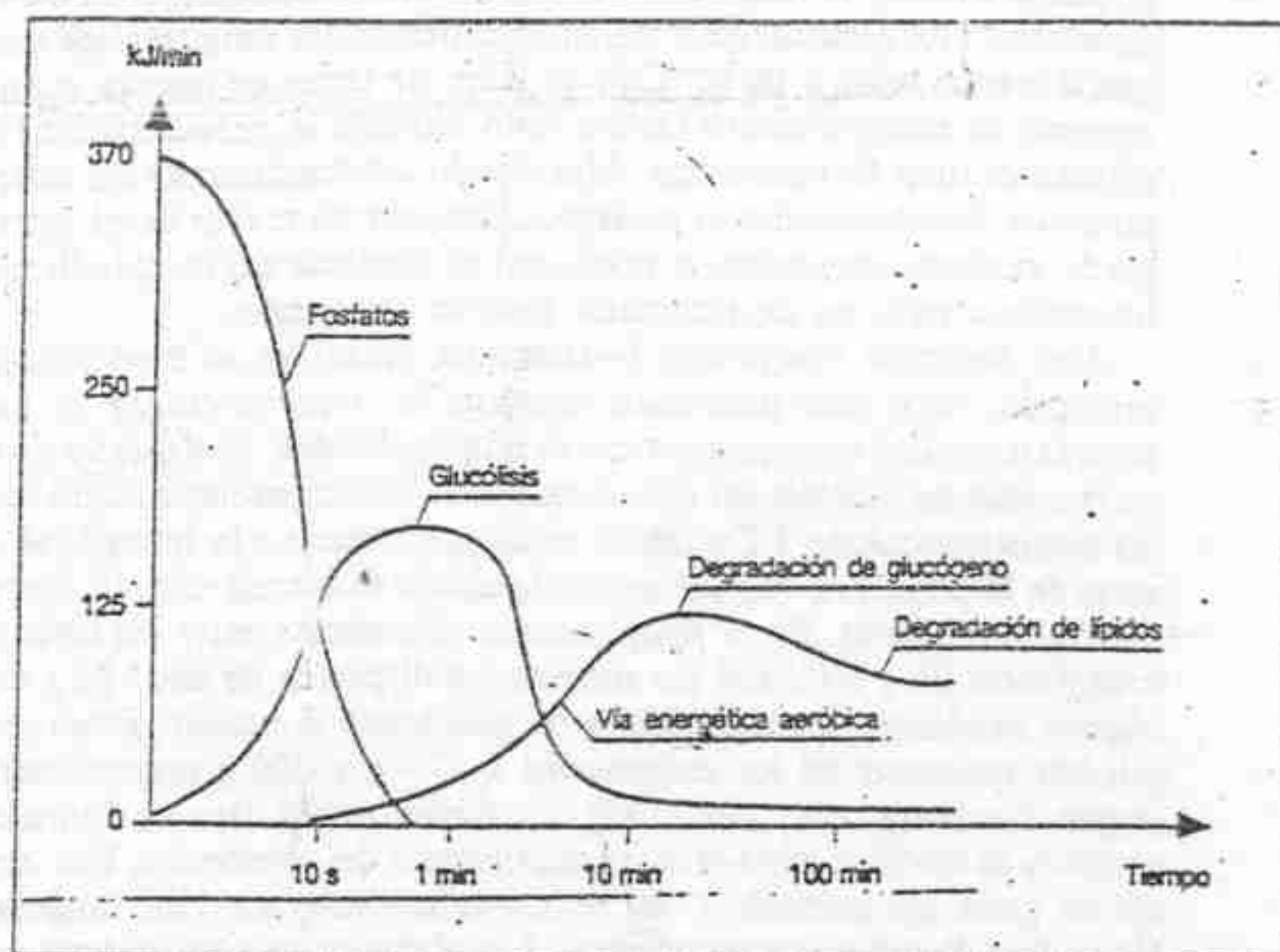


FIGURA 26: Posibilidades de suministro energético en cargas máximas y en función del tiempo (según BARTKE y cols., 1987, 71).

- a partir de unos 25 seg y hasta 2 min, domina la glucólisis y la degradación aeróbica de glucógeno cobra más importancia,
- la utilización aeróbica del glucógeno se sitúa en primer lugar entre los 2 y los 10 min y la vía anaeróbica-lactácida sigue actuando en gran medida,
- decisivas serán por encima de 10 min, la vía aeróbica inicialmente con predominio de la oxidación del glucógeno y con mayor degradación de grasas a partir de los 45 min hasta los 60 min. La vía anaeróbica-lactácida sigue aplicándose en un porcentaje más reducido.

Desde luego, existen diferencias entre entrenados y no entrenados, el no entrenado dispone de menos fosfatos y glucógeno y está menos equipado de enzimas. Así ocurre que las constelaciones metabólicas típicas ya se establecen con bajas intensidades absolutas de las cargas (por ejemplo, la velocidad de desplazamiento).

Absorción máxima de oxígeno ($VO_{2\text{máx.}}$)

Las cargas de resistencia afectan además de la musculatura esquelética también el sistema cardiopulmonar. Entendemos con ello la coope-

ración entre sistema respiratorio y cardiovascular enfocada al abastecimiento del cuerpo con oxígeno. En cuanto a su influencia para los rendimientos de resistencia, ambos sistemas se pueden implicar conjuntamente, puesto que el volumen máximo respiratorio es decisivo para el volumen máximo de oxígeno.

El $VO_{2\text{máx.}}$ es una medida para el aporte de oxígeno (respiración), el transporte de oxígeno (sistema cardiovascular) y la utilización del oxígeno (célula muscular) en un organismo esforzado al máximo. Es de alguna manera el «bruto criterio» para la resistencia aeróbica.

Parámetros

Muchos factores concretos de ambos sistemas orgánicos influyen en este bruto criterio (tabla 16). No es posible indicar un factor único y definitivo. Parece ser decisiva la armonía entre los diferentes parámetros. Un cierto predominio poseen el volumen minuto cardíaco (y con ello indirectamente el tamaño cardíaco), la capacidad de transporte de la sangre para el oxígeno y la absorción periférica de oxígeno y de sustratos de la musculatura esquelética.

La ventilación pulmonar (= ventilación con aire rico en oxígeno) y la capacidad difusora para oxígeno de la pared alveolar normalmente no limitan el rendimiento en personas sanas hasta la edad adulta media (30-45 años), puesto que el sistema respiratorio sólo trabaja al 70% de sus posibilidades cuando el sistema circulatorio realiza un esfuerzo del 100%. No obstante, frente a cargas extremas de RDM entre 3 y 6 minutos (por ejemplo, 1.500 m lisos, remo, 4.000 m en el ciclismo), el tiempo de contacto de los glóbulos rojos en la pared alveolar puede disminuir a menos de 0,3 seg (valor normal: 0,8 seg). En estas circunstancias tampoco es suficiente una mejor capacidad difusora para el oxígeno a nivel de la pared alveolar para saturar la sangre de oxígeno. La reducción del transporte de oxígeno hacia la célula activa luego muchísimo la vía energética anaeróbica.

Con referencia a los factores externos (tabla 16) se debe mencionar también que la actividad corporal (= carga específica de cada deporte) también tiene efectos para el $VO_{2\text{máx.}}$. Por ello existe una diferencia notable entre los datos tomados en diferentes deportes (carrera atlética, esquí de fondo, remo, ciclismo, piragüismo; fig. 27). Esto se ha de tener en cuenta en el diagnóstico del rendimiento mediante ergómetro. Además es importante en las cargas escalonadas la duración de cada escalón cara al resultado final. Esta duración no debería rebajar los 3 minutos con el fin de conseguir datos significativos para la práctica.

Tabla 16. Factores delimitadores del rendimiento durante la captación máxima de oxígeno (HOLLMANN/HETTINGER, 1980, 376).

Factores internos

- Ventilación pulmonar
- Capacidad difusora de los pulmones
- Volumen minuto cardíaco
- Capacidad de la sangre para transportar el oxígeno
- Utilización periférica del oxígeno
- Composición de las fibras musculares

Factores externos

- Formas de carga
- Tamaño de la masa muscular implicada
- Posición corporal
- Presión parcial de oxígeno
- Clima

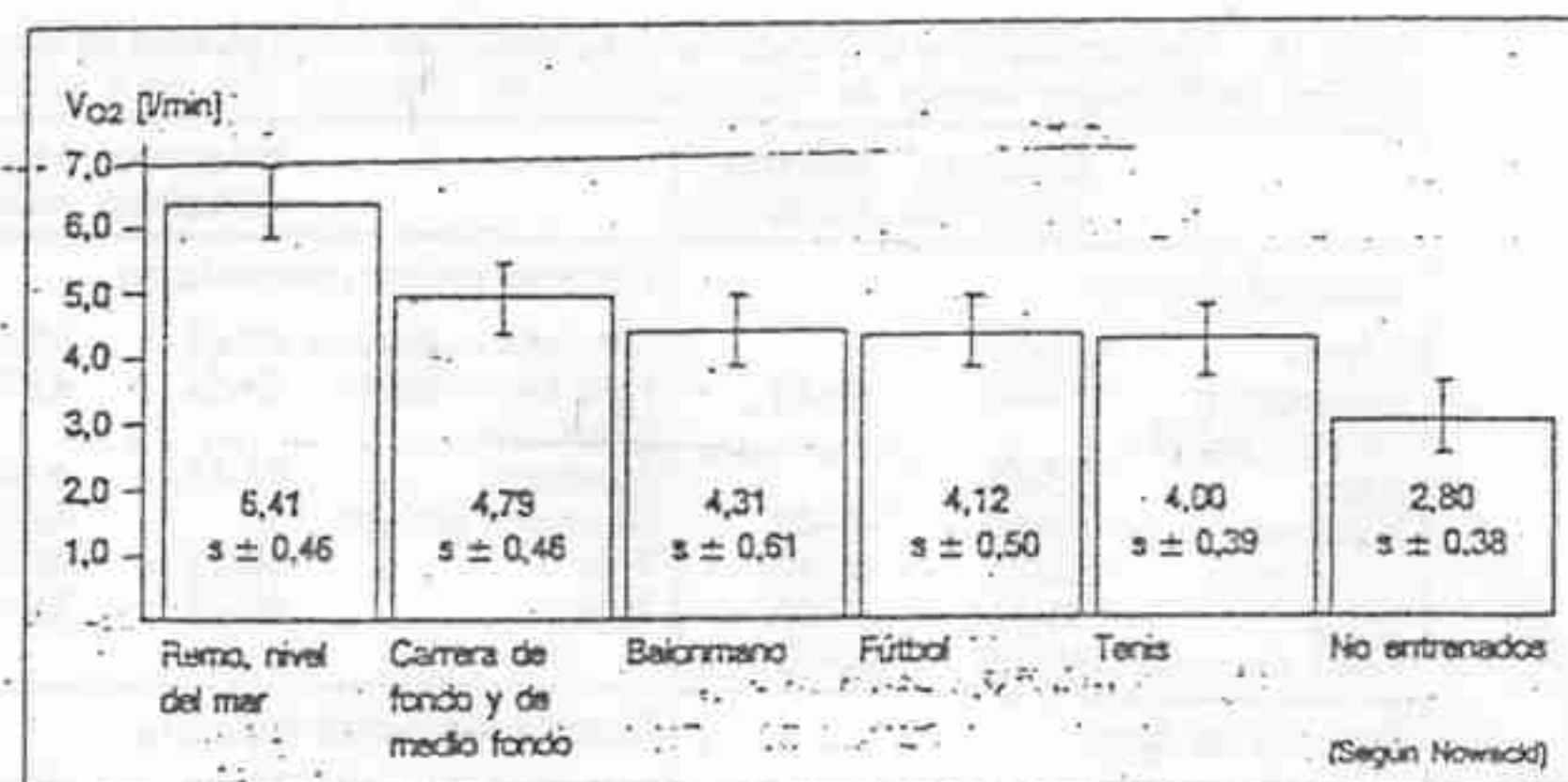


FIGURA 27: Volumen máximo de oxígeno de deportistas de diferentes deportes. Existen diferencias claras entre atletas de varios deportes. Los remeros poseen los valores máximos del volumen máximo de oxígeno. Esto se debe a que se han de implicar grupos musculares relativamente grandes con un trabajo máximo de fuerza-resistencia.

Absorción máxima de oxígeno absoluta y relativa

El volumen máximo de oxígeno se basa en cuanto a su fórmula y su cálculo en el volumen minuto cardíaco máximo y en la diferencia máxima de oxígeno arteriovenoso (fig. 28).

El *volumen minuto cardíaco (VMC)* es aquella cantidad de sangre que el corazón bombea durante un minuto. Es el resultado del producto entre el *volumen por pulsación cardíaca* (= cantidad expulsada en una

Volumen máximo de oxígeno =			
Volumen máx. de pulsaciones x frecuencia cardíaca máx. x diferencia de oxígeno arteriovenoso máx.			
Volumen minuto cardíaco máximo			
VO ₂ máx. (l O ₂ /min) = VP máx. (VP = vol. de pulsac.) x FC máx. x AVDO ₂ máx. (ml de O ₂ /l de sangre)			
VMC máximo (l de sangre/min)			
No entrenados			
Hombres, aproximadamente 3,3 l	=	2,2 l	x 150 ml
Mujeres, aproximadamente 2,2 l			
Entrenados			
Hombres, aproximadamente 6,0 l	=	3,5 l	x 180 ml
Mujeres, aproximadamente 4,5 l			

FIGURA 28: Volumen máximo de oxígeno de no entrenados y de deportistas de alto rendimiento entrenados en resistencia.

pulsación) y la *frecuencia cardíaca por minuto*. En la figura 29 vemos los valores en reposo y de esfuerzo. La *diferencia de oxígeno arteriovenoso (DO₂AV)* es la diferencia en el contenido de oxígeno entre la sangre arterial y venosa. Se sitúa en reposo a unos 5 Vol% (50 ml de O₂/l de sangre = aprovechamiento del 25% aprox.), y en esfuerzos máximos de no entrenados en 12-15 Vol% (100 ml de O₂/l de sangre = aprovechamiento del 50% aprox.) y en esfuerzos máximos en 18-19 Vol% (180-190 ml de O₂/l de sangre = aprovechamiento del 75% aprox.) (datos según RENDALL y cols., 1980). Esto significa que el *no entrenado* puede incrementarlo hasta 2,5 veces y el *entrenado* hasta 3,6 veces.

Esto implica —en combinación con el aumento del volumen cardíaco (fig. 29)— en total una capacidad de *incremento del volumen máximo de oxígeno* (desde el descanso hasta esfuerzos máximos) en el *no entrenado* de 10-12 veces, y del *deportista muy entrenado en resistencia* de 20-25 veces.

Para poder valorar mejor la capacidad general de resistencia es más apropiado el volumen máximo de oxígeno relativo (VO₂ máx. rel.). Se trata de una magnitud relacionada con el *peso corporal*, que se expresa en mililitro/kg de peso corporal/minuto (ml/kg/min). Ante todo podemos así comparar entre los resultados de diferentes personas. En la tabla 17 se reúnen los *valores norma* para no entrenados, entrenados en resistencia y deportistas de alto rendimiento. La figura 30 y la tabla 18 muestran datos de *diferentes deportes*.

Vol. ven de pulsaciones SV (ml de sangre)	x	Frecuencia cardíaca (FC/min)	= Volumen minuto cardíaco VMC (l de sangre/min)
No entrenados			
De reposo: 70 ml	x	70	= aproximadamente 5 l
De esfuerzo: 120 ml	x	170-180	= aproximadamente 20-22 l
Incremento hasta 4-5 veces más			
Entrenados			
De reposo: 105 ml	x	45	= aproximadamente 5 l
De esfuerzo: 200 ml	x	180-190	= aproximadamente 36-38 l
Incremento hasta 7-8 veces más			
Los valores del VMC de mujeres no entrenadas son aproximadamente un 25 % más bajos			

FIGURA 29: Volumen minuto cardíaco VMC de no entrenados y deportistas de alto rendimiento entrenados en resistencia en situación de reposo y de esfuerzo máximo.

Para poder valorar correctamente la importancia de los $VO_{2\text{máx. rel.}}$ para la resistencia se requieren más explicaciones referentes a determinados aspectos.

Tabla 17. Valores de $VO_{2\text{máx. rel.}}$ como promedios medidos y como valores normativos para un diferente nivel de rendimiento.

	$VO_{2\text{máx. rel.}}$
No entrenados	
Mujeres (20-30 años)	22-38 ml/kg/min*
Hombres (20-30 años)	40-55 ml/kg/min**
Deportistas de resistencia altamente entrenados	
Mujeres	60-70 ml/kg/min
Hombres	80-90 ml/kg/min
Valores normativos para el nivel de fitness	
Mujeres	35-38 ml/kg/min
Hombres	45-50 ml/kg/min
Entrenados en resistencia	55-65 ml/kg/min
Rendimiento de resistencia (nivel internacional)	65-80 ml/kg/min
Rendimiento de resistencia (nivel internacional de élite)	85-90 ml/kg/min

* Referente a masa muscular libre de grasa 44-48 ml.
** Referente a masa muscular libre de grasa 46-49 ml.

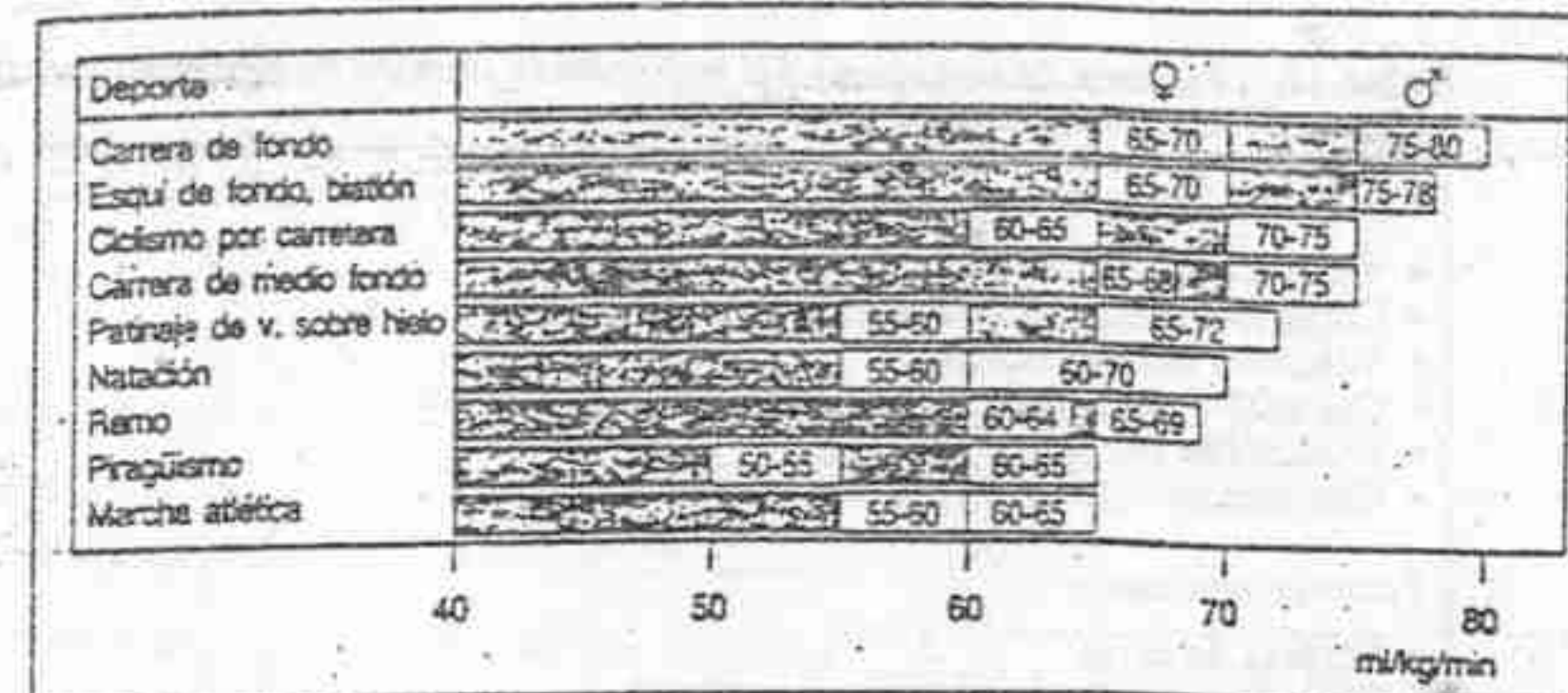


FIGURA 30: Volumen máximo relativo de oxígeno en modalidades de entrenamiento; valores referenciales para mujeres y hombres, respectivamente (según indicaciones de NEUMANN/SCHÜLER, 1989, 100).

Tabla 18. Valores hallados de $VO_{2\text{máx. rel.}}$ en modalidades que no sean de resistencia (análisis bibliográfico basado en NEUMANN/SCHÜLER, WILTORE, STRAUSS y otros).

	Hombres ml/kg/min	Mujeres ml/kg/min		Hombres ml/kg/min	Mujeres ml/kg/min
Deportes de juego			Deportes técnico-compositores		
Fútbol	50-57	-	Disciplinas alpinas	60-65	48-52
Balonmano	55-60	48-52	Patinaje artístico	50-55	45-50
Hockey sobre hielo	55-60	-	Gimnasia deportiva	45-50	40-45
Voleibol	55-60	48-52	Gimnasia rítmica	-	40-45
Baloncesto	50-55	40-45	Vela	50-55	40-45
Tenis	48-52	40-45	Tiro	40-45	35-40
Tenis de mesa	40-45	38-42			
Deportes de lucha			Deportes de fuerza explosiva		
Boxeo	60-65	-	Sprint atlético	48-52	43-47
Lucha	60-65	-	Salto de longitud	50-55	45-50
Judo	55-60	45-50	Modalidades polidisciplinarias atléticas	60-65	50-55
Esgrima	45-50	45-50	Disco, peso	40-45	35-40
			Jabalina	45-50	42-47
			Salto de esquí	40-45	-
			Halterofilia	40-50	-

Evolución en función de genética y edad

El $VO_{2\text{máx.}}$ se incrementa en función del crecimiento; las mujeres no entrenadas alcanzan su valor máximo entre 14-16 años, los hombres entre 18-19 años. El $VO_{2\text{máx.}}$ se mantiene más o menos igual hasta los

30 años, para reducirse entonces en función de la edad un 0,6% aproximado por año. Se podrá mantener constante hasta los 50 años a través de un entrenamiento regular.

TAYLOR (1955) descubrió con referencia a los valores normativos para no entrenados que el 98% de la población se sitúa entre 31 y 58 ml/kg por min, 0,13% entre 61,5 y 67 ml/kg/min. Con ello se indica que una persona entre cada mil está predestinada genéticamente a ser un potencial recordman mundial en el ámbito de la resistencia de duración larga. Hoy día se consideran necesarios valores iniciales del $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ entre 60 y 65 ml/kg/min para poder alcanzar a través de años de entrenamiento los valores necesarios del $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$

Datos específicos de cada deporte

La trascendencia del $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ es diferente para las distintas modalidades deportivas y con respecto a la capacidad de resistencia. En deportes en los que no se ha de soportar todo el peso corporal (por ejemplo, remo, ciclismo, natación), es decir cuando se ha de realizar un trabajo reducido en comparación con la fuerza de gravedad, entonces es más significativo el $\text{VO}_2\text{máx. absoluto}$ que el $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ Cuando se ha de levantar el peso corporal —o sea en las carreras atléticas— se invierte la situación. Al comparar dos corredores atléticos con el mismo $\text{VO}_2\text{máx.}$ y de diferentes pesos (por ejemplo, 60 y 80 kg), se ha de tener además en cuenta el mayor peso corporal para estimar o calcular la capacidad de resistencia.

Además influye en el $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ la implicación de diferentes partes de la musculatura de piernas y brazos. Sabemos en base a investigaciones que el $\text{VO}_2\text{máx.}$ en trabajos combinados de piernas y brazos no varía en comparación con trabajos puros de las piernas, siempre que la intervención de los brazos no supere el 20-30% (por ejemplo, en el paso diagonal del esquí de fondo en planos y con ligera subida). Sin embargo, si la parte de los brazos supera el 40% (por ejemplo, en el esquí de fondo con técnicas de paso de patinaje de apoyo de los dos palos) el $\text{VO}_2\text{máx.}$ se reduce en un 10% aproximadamente. Esto se explica con la modificación de la masa muscular implicada frente al peso corporal. Luego, el volumen máximo de oxígeno es inferior en deportes donde se implican primordialmente los músculos de las extremidades superiores y del tronco (por ejemplo, canoa, piragüismo) comparado con las carreras atléticas o el ciclismo. Los valores representativos para los deportistas de rendimiento de un nivel más alto se sitúan en un $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ de 55-62 ml/kg/min aproximadamente.

Entrenabilidad

La entrenabilidad del $\text{VO}_2\text{máx.}$ es relativamente baja. Se estima en 15-20% siempre que no se dé la estimulación correspondiente en la edad de desarrollo (pubertad). Para valorar la capacidad de resistencia aeróbica no sólo se requieren el valor absoluto o relativo del $\text{VO}_2\text{máx.}$ sino que también el porcentaje del $\text{VO}_2\text{máx. individual}$ aplicable durante un mayor espacio de tiempo (= nivel del umbral aeróbico). Esta capacidad se puede entrenar mucho mejor. Se estima una posibilidad de mejora del 50-70%.

El mejoramiento del $\text{VO}_2\text{máx.}$ se basa naturalmente en las reacciones de adaptación de los órganos y sistemas orgánicos implicados en las cargas de resistencia. Las tablas 19 y 20 ofrecen una sinopsis de las esenciales modificaciones en el ámbito del sistema respiratorio y cardiovascular. La tabla 21 demuestra a través del ejemplo de algunos deportistas de resistencia cuál podría ser la interrelación entre tamaño cardíaco, volumen máximo de oxígeno y rendimiento específico en cada modalidad.

Déficit, deuda y steady-state de oxígeno

Se trata de conceptos usuales de la medicina deportiva para explicar el comportamiento de la captación del oxígeno durante y después de la carga.

El déficit de oxígeno se produce al comienzo de cada esfuerzo puesto que, frente a esfuerzos muy intensos, la respiración y el sistema cardiovascular no pueden afrontar inmediatamente las repentinas necesidades metabólicas de la célula muscular. Incluso en cargas menos intensas y prolongadas se capta al principio menos oxígeno que el necesario, es decir que se entra en un déficit de oxígeno. El depósito de oxígeno (mioglobina de la célula muscular) del que dispone el organismo humano es demasiado pequeño para poder compensar por completo la insuficiencia del transporte de oxígeno al principio del trabajo.

Después de unos 2-4 minutos, en caso de cargas menos intensas se instala un equilibrio entre la captación y el desgaste de oxígeno. Entonces se habla de un steady-state de oxígeno. Éste se observa en la práctica en un mantenimiento de la frecuencia cardíaca y de los valores respiratorios; en condiciones metabólicas puramente aeróbicas nos encontramos entonces con el verdadero límite del rendimiento prolongado. No debemos confundir el steady-state de oxígeno con el steady-state del lactato (véase umbral anaeróbico) que es un steady-state aparente en relación al oxígeno.

El déficit de oxígeno inicialmente soportado se debe equilibrar al final de un esfuerzo. La cantidad de oxígeno captada durante la fase postesfuerzo que suele superar las verdaderas necesidades en reposo, se suele denominar deuda de oxígeno. Deuda de oxígeno = déficit de oxígeno.

Tabla 19. Reacciones de adaptación a nivel del sistema respiratorio y cardiovascular frente a cargas de resistencia de duración larga. (En esta relación sistemática sólo se consideran los hechos esenciales.)

Ámbito pulmonar:	
- Aumento de la superficie respiradora (= área de las alveolas que intercambian los gases)	
- Mejora de la capacidad difusora alveolo-capilar para el oxígeno (mayor permeabilidad)	
- Ampliación de la red capilar pulmonar (= mayor superficie de intercambio de gases por parte de la sangre)	
- Ensanchamiento de venas y arterias pulmonares (para afrontar a nivel del circuito pulmonar el mayor volumen minuto cardíaco)	
- Mejora de la economía respiratoria (= del equivalente respiratorio*), es decir: mayor paso de oxígeno hacia la sangre de una cantidad determinada de aire inspirada	
Corazón:	
- Disminución de las pulsaciones de reposo y de trabajo (con el mismo rendimiento)	- economización del trabajo cardíaco
- Disminución de las necesidades de oxígeno del músculo cardíaco	
- Incremento del volumen de pulsaciones y del volumen minuto cardíaco (= mayor capacidad de rendimiento del corazón)	
- Desarrollo del corazón del deportista** (= corazón de rendimiento): hipertrofia del músculo cardíaco, aumento de su volumen, mejoramiento de la circulación coronaria (= mayor tamaño de las arterias coronarias, formación de nuevos capilares, ampliación de los colaterales) además de las modificaciones antes indicadas de la frecuencia cardíaca y de volumen minuto cardíaco.	
Sangre:	
- Incremento del volumen sanguíneo (en unos 1-2 l)	
- Disminución de hematocritos (del 45 % al 42 %) = disminución de la viscosidad por mayor aumento del líquido (plasma) frente a las sustancias sólidas (volumen celular) (tabla 20)	
- Incremento de la capacidad de amortiguamiento	
- Aumento de la concentración de potasio y calcio	
Circulación periférica:	
- Mejor capilarización a nivel del músculo esquelético (apertura de los capilares en reposo, incremento del segmento capilar, nueva formación de capilares)	
- Nueva creación de colaterales (= vasos alternativos y al lado de los vasos principales)	
- Mejora de la distribución sanguínea intramuscular (= índice de irrigación más enfocado al esfuerzo)	

* Equivalente respiratorio (ER) = $\frac{\text{Volumen minuto respiratorio (VMR)}}{\text{Volumen de oxígeno por min. (VO}_2\text{)}}$. Alcanza su valor más favorable al 60 % del VO₂máx, aproximadamente. En los no entrenados: ER = 35, en los entrenados: ER = 25.
 ** Corazón del deportista con tamaño relativo del corazón de 14-15 ml/kg
 Corazón normal 11-12 ml/kg, mujeres, 9-10 ml/kg
 Tamaños extremos en los ciclistas de carretera: 18 ml/kg (mujeres, 16-16,5 ml/kg).

geno (fig. 31) sólo en el caso de cargas ligeras (por ejemplo, footing de calentamiento, cicloturismo, excursionismo, excursionismo con esquís). En los demás casos se incluyen en la «deuda de oxígeno» además otros procesos de mayor respiración que tienen su origen en la misma fase

Tabla 20. Volumen de sangre, plasma y celular en no entrenados y en entrenados en resistencia (según de MAREES/MESTER, 1982, 28).

	No entrenados	Entrenados en resistencia
Volumen sanguíneo	76 ml/kg	95 ml/kg (+ 25 %)
Volumen plasmático	43 ml/kg	55 ml/kg (+ 28 %)
Volumen celular	34 ml/kg	40 ml/kg (+ 18 %)

postesfuerzo (por ejemplo, estimulación del metabolismo por la mayor temperatura del cuerpo, mayor ventilación, procesos endotérmicos de resíntesis de los depósitos, continuación del efecto simpático). Por esta razón proponemos para ello el concepto de «captación superior de oxígeno postesfuerzo» (DE MAREES/MESTER, 1982, 89).

La vuelta a la situación inicial (eliminación de la deuda de oxígeno) concurre de forma exponencial (fig. 32). Durante la primera fase más rápida se resíntetizan los depósitos de fosfato. Esta fase es la eliminación de la deuda alactácida de oxígeno. Igual de rápida es la recuperación de los depósitos de oxígeno (mioglobina). Durante la segunda fase, lenta, se elimina el lactato, además de los procesos antes mencionados de mayor respiración. Se trata de la eliminación de la deuda láctica de oxígeno. La mayor captación de oxígeno puede prolongarse en total, después de una carga fuerte, hasta los 60 min. El déficit de oxígeno (por razones alactácidas y lácticas) puede alcanzar hasta los 20 litros de oxígeno en casos extremos (por ejemplo, en cargas de RDC).

Tabla 21. Comparación de las mejores marcas, volumen cardíaco relativo (VC/kg) y el volumen de oxígeno relativo (según KAUZ y cols., 1980, 148).

Nombre	Modalidad	Fecha [año]	Mejor marca [min]	VC/kg [ml]	VO ₂ máx por kg [ml]
W.	1500 m	1971	3:42,2	14,1	-
		1972	3:40,5	15,3	54,3
		1973	3:39,5	15,1	61,4
		1974	3:39,0	16,4	69,2
		1975	3:36,4	17,6	-
O.	5000 m	1973	14:05,6	13,7	52,0
		1974	13:51,2	15,6	62,0
H.	3000 m obstáculos	1974	8:40,4	15,1	47,5
		1975	8:27,4	16,8	54,3
E.	1500 m estilo libre	1972	18:03,0	13,3	46,2
		1973	17:48,0	13,2	46,2
		1974	17:03,8	15,0	52,0
W.	400 m estilo libre	1972	4:25,5	11,0	52,0
		1973	4:15,4	10,5	49,3
		1974	4:09,2	13,3	50,6

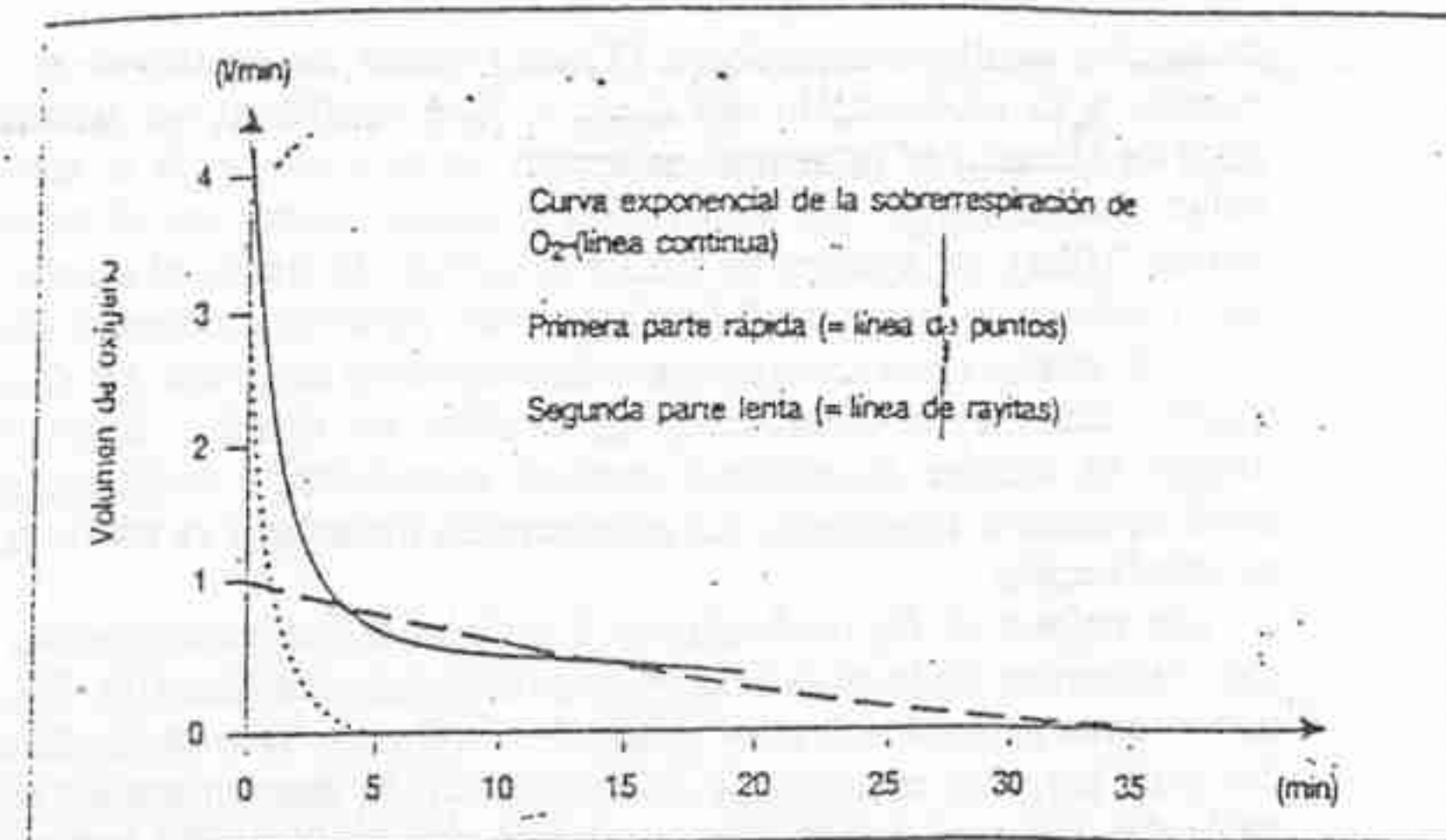
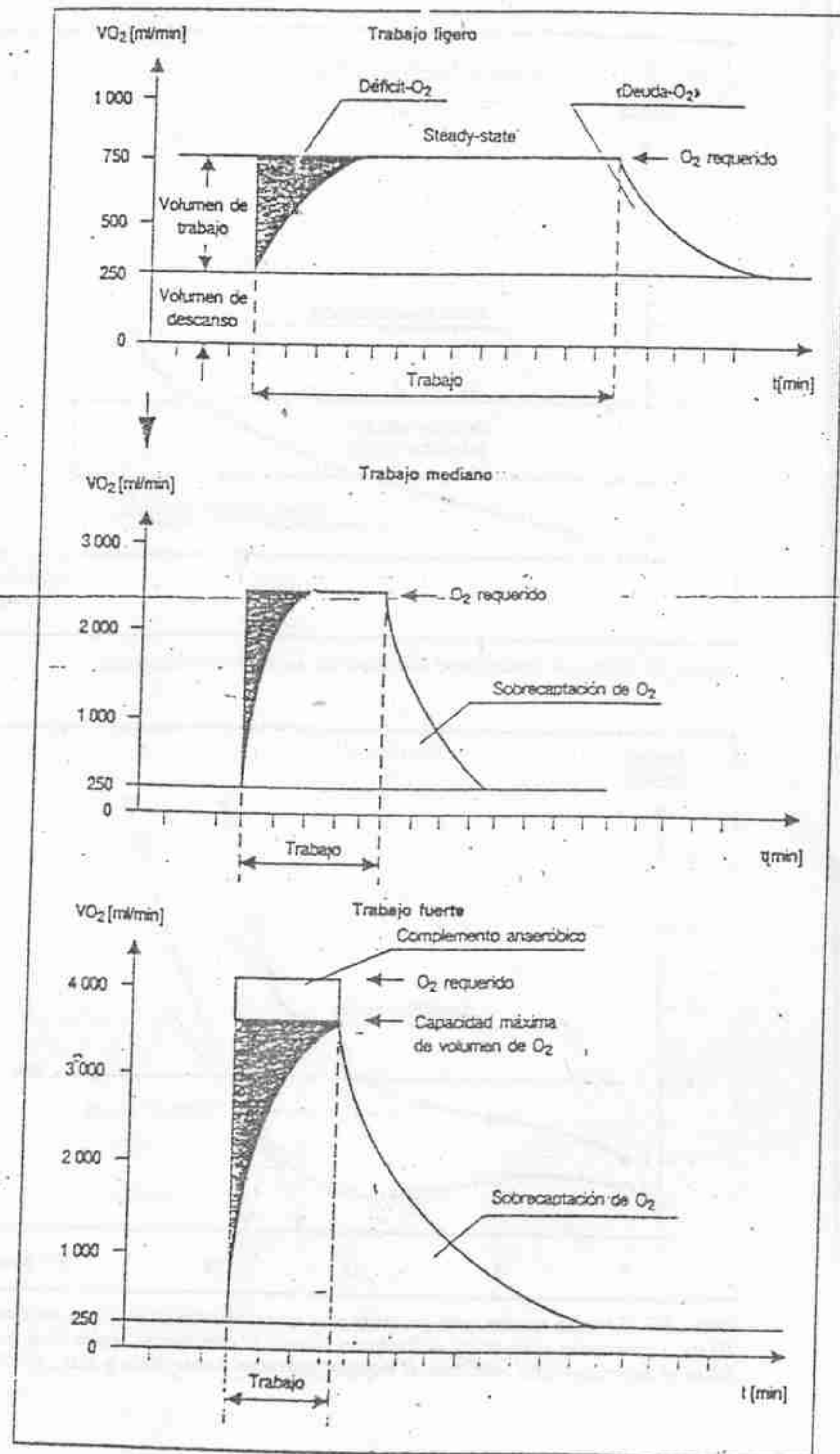


FIGURA 32: Eliminación de la «deuda de oxígeno» de forma exponencial: fase rápida de la deuda-O₂ alactácida y lenta de la deuda-O₂ láctácida.

Umbral aeróbico (UA), umbral anaeróbico (UAn), fase de transición aeróbico-anaeróbica (TAAAn)

Para valorar la capacidad de RDL son más significativos los *parámetros metabólicos*, medidos en *niveles de carga inferiores al esfuerzo máximo* que la determinación del $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Como ya se mencionó anteriormente, además del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ también es importante el porcentaje del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ disponible durante largo tiempo.

A nivel práctico del entrenamiento (control de las cargas de resistencia) también resultó importante el conocer exactamente el *cambio de la vía energética mayoritariamente aeróbica a la anaeróbica*. Por ambas razones se creó el concepto del UA, UAn y de la TAAAn (KINDERMANN, 1978).

Cuando la actividad muscular en cargas de bajas intensidades se basa en el metabolismo del glucógeno y de las grasas, existen a nivel de la sangre valores de lactato inferiores a 2 mmol/l (valor normal en reposo: 1,0-1,78 mmol/l).

El umbral aeróbico (UA) marcado con *valores de lactato de 2 mmol/l* constituye entonces el límite de la vía puramente aeróbica (el lactato producido hasta entonces es eliminado en el mismo músculo). Más allá de este UA, el lactato pasa a la sangre donde se acumula. En esta fase de

FIGURA 31: Déficit de oxígeno (O₂), deuda-O₂ steady-state-O₂ en cargas de diferentes grados según MARRAS/MESTER, 1982, p. 36).

transición aeróbico-anaeróbica (TAAn) existe un equilibrio entre la formación y la eliminación del lactato. Este equilibrio del lactato (steady state de lactato) se mantiene mientras no se incremente la actual intensidad. Sin embargo, con 4 mmol/l de lactato sanguíneo, el umbral anaeróbico (UAn), se alcanza el límite superior, es decir, el punto máximo del steady-state lactácido (Maxlact). Para poder mantener el flujo necesario de energía por tiempo para intensidades más allá del UAn, se requiere una mayor producción glucolítica de energía. Incluso manteniendo la misma intensidad seguirá aumentando constantemente el nivel de lactato sanguíneo. La eliminación de lactato ya no va al paso de su producción.

Los valores de los umbrales de 2 y 4 mmol/l son magnitudes empíricas, deducidos de la situación respiratoria y metabólica (fig. 33). Tienen una validez general con muy pocas desviaciones. Sólo en los no entrenados y en los muy entrenados en resistencia, la determinación rígida del valor del UAn en 4 mmol no coincide con la situación individual del metabolismo muscular y de la cinética lactácida. El UAn de los no entrenados a menudo se sitúa por encima de los 4 mmol/l (5-6 mmol/l), y en caso de los muy entrenados está muy por debajo (2,5-3 mmol/l). Por esta razón se introdujo el umbral anaeróbico individual (UAnI) que se define como aquel punto de la curva del lactato en el que se inicia la subida crítica (fig. 34).

El UAn correlaciona con diferentes otros parámetros del rendimiento. Para la práctica del entrenamiento se trata de la velocidad de desplazamiento (m/s o km/h) o la frecuencia cardíaca/minuto (FC/min), siempre que estos parámetros sean lo suficientemente seguros. En los estudios médico-deportivos se puede usar el porcentaje del $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ requerido. Con ello se determina concretamente el nivel del UAn. Existen datos de varios estudios, representados en la tabla 22. La figura 35 muestra curvas típicas de lactato de algunos deportes.

Para determinar los umbrales del lactato se han de medir las concentraciones del lactato en la sangre. Esta medición es relativamente sencilla a través de una determinación enzimática desde una toma de sangre capilar arterializada del lóbulo de la oreja. Dado que con el lactato sólo se determina una magnitud metabólica, se han de tener en cuenta los factores que inciden en la concentración de este parámetro. Aparte de influencias indiferentes (por ejemplo, la hora del día, lactato de transpiración y de la orina) se ha de observar sobre todo el depósito actual de glucógeno intracelular, que incide esencialmente en el nivel de concentración de lactato y en la forma de la curva de lactato para el rendimiento. Para poder comparar los resultados y para evitar interpretaciones erróneas se han de llenar lo más óptimamente posible los depósitos de glucógeno antes de los tests absorbiendo durante los últimos dos días un programa de entrenamiento parecido. Si los depósitos de glucógeno son siempre bajos sólo se puede formar poco lactato. Luego el músculo aparenta un buen estado de resistencia debido a la escasez de glucógeno

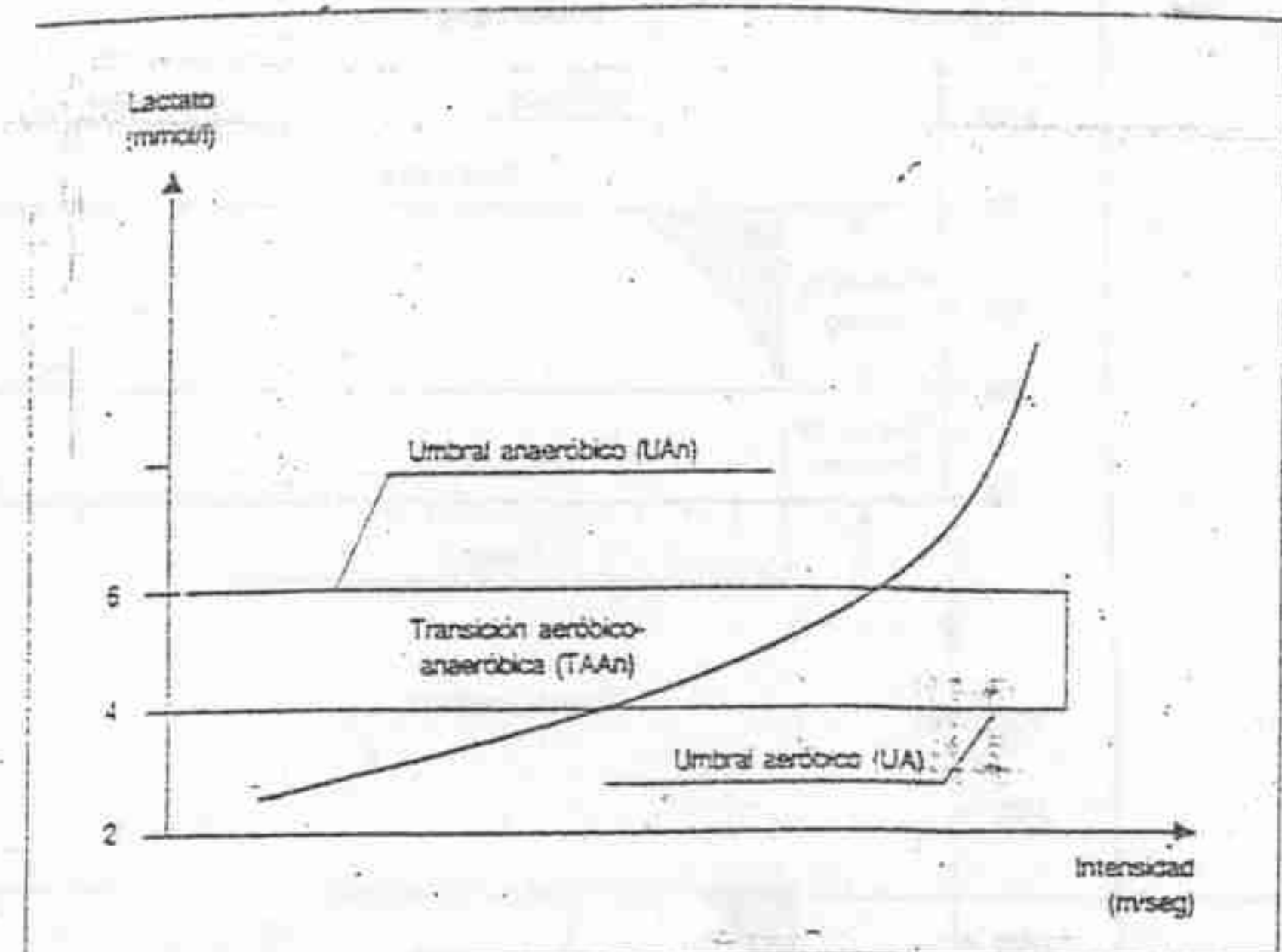


FIGURA 33: Curva de rendimiento lactácido con los umbrales lactácidos.

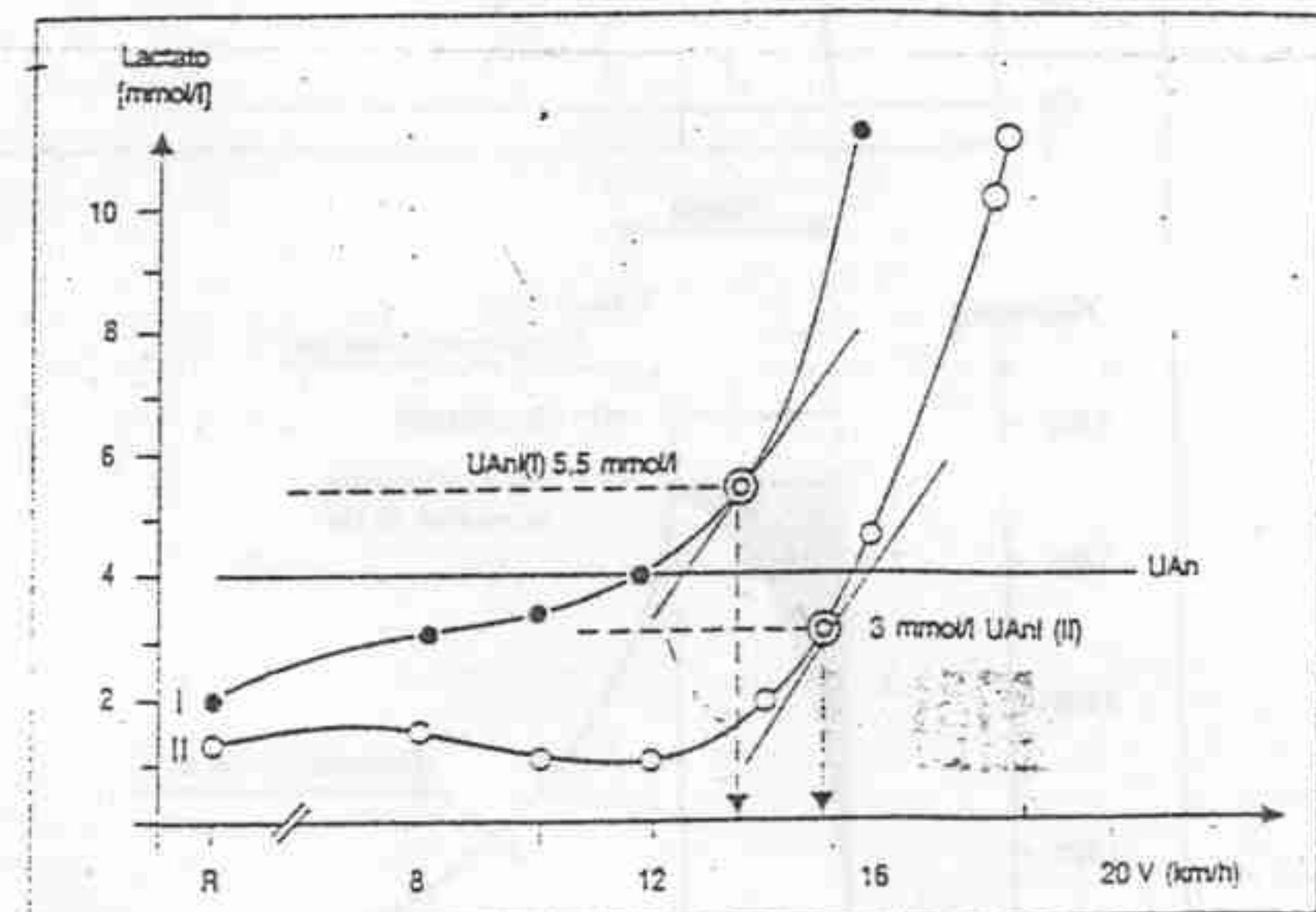


FIGURA 34: Curva de rendimiento lactácido para no entrenados (I) y altamente entrenados (II) con los umbrales anaeróbicos individuales (UAnI). El crecimiento crítico de la curva lactácida se determinó aquí mediante el método tangencial (véase Hecx y cols., 1985).

Tabla 22. Valores para los umbrales aeróbico y anaeróbico; en porcentajes del volumen máximo de oxígeno (VO_2 máx.) y la frecuencia cardíaca (FC) correspondiente (según KINDERMANN y cols., 1978, 34).

		Umbral aeróbico	
No entrenados		45-50 % VO_2 máx.:	125-130 FC
Entrenados		60-65 % VO_2 máx.:	150-160 FC
		Umbral anaeróbico	
No entrenados		50-70 % VO_2 máx.:	140-150 FC
Regularmente entrenados		70-80 % VO_2 máx.:	170-175 FC
Altamente entrenados		85-95 % VO_2 máx.:	180-190 FC

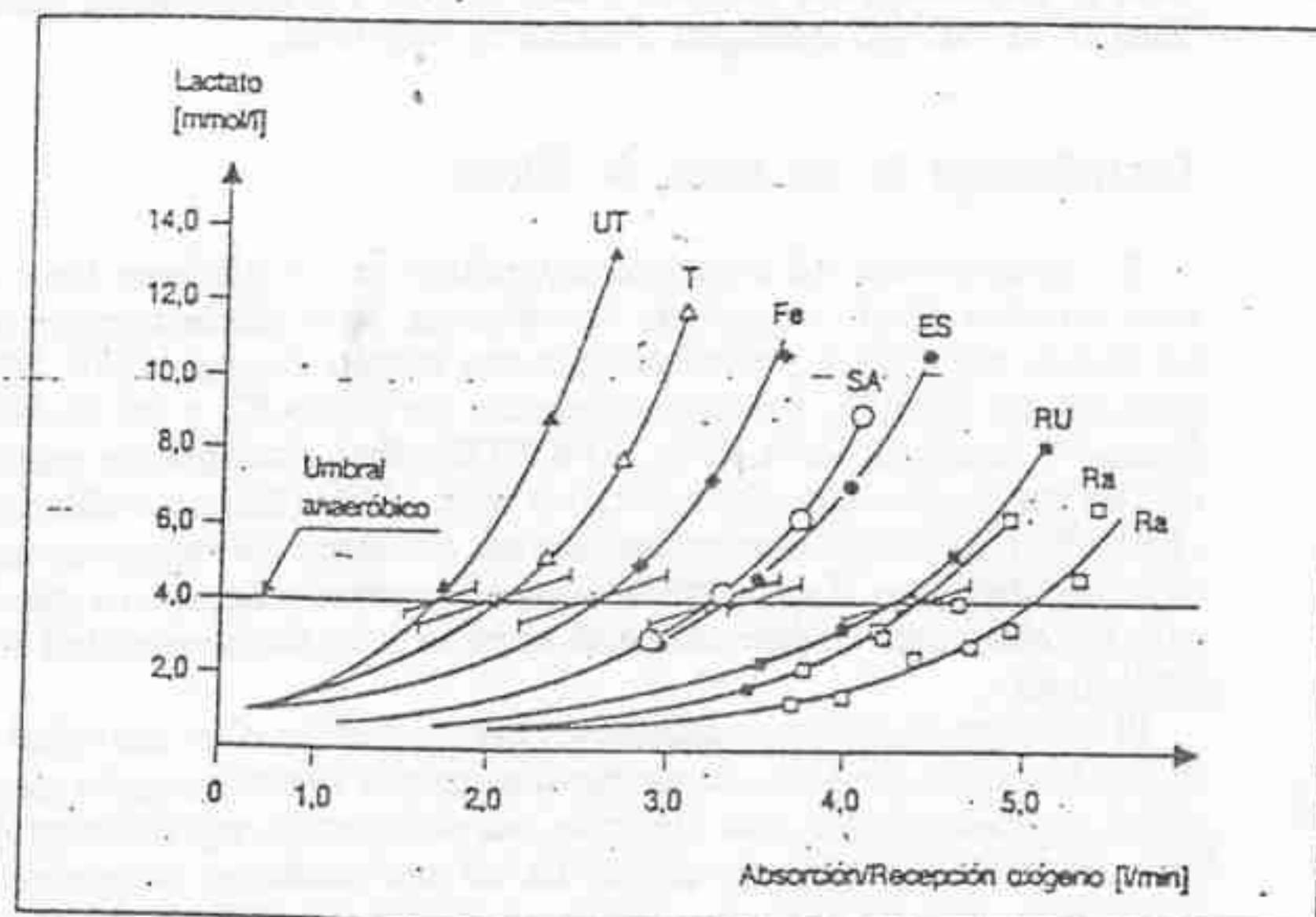


FIGURA 35: Conducta de la concentración de lactatos en función de la capacidad de recepción máxima de oxígeno en el caso de personas no entrenadas (UT) y grupos seleccionados representativos en el deporte en distintas disciplinas. T = Turismo; FE = Esgrima; ES = Patinaje sobre hielo; SA = Disciplinas deportivas con juego; RU = Remo; Ra = Ciclismo (según Roth y cols., 1981, 329).

(fig. 36). Por ello se han de tener en cuenta las cargas anteriores de entrenamiento y la alimentación para un buen diagnóstico del lactato.

Tipos de fibras musculares

Los rendimientos de RDC hasta RDL también dependen de la combinación de tipos de fibras de los músculos esqueléticos cara a la vía

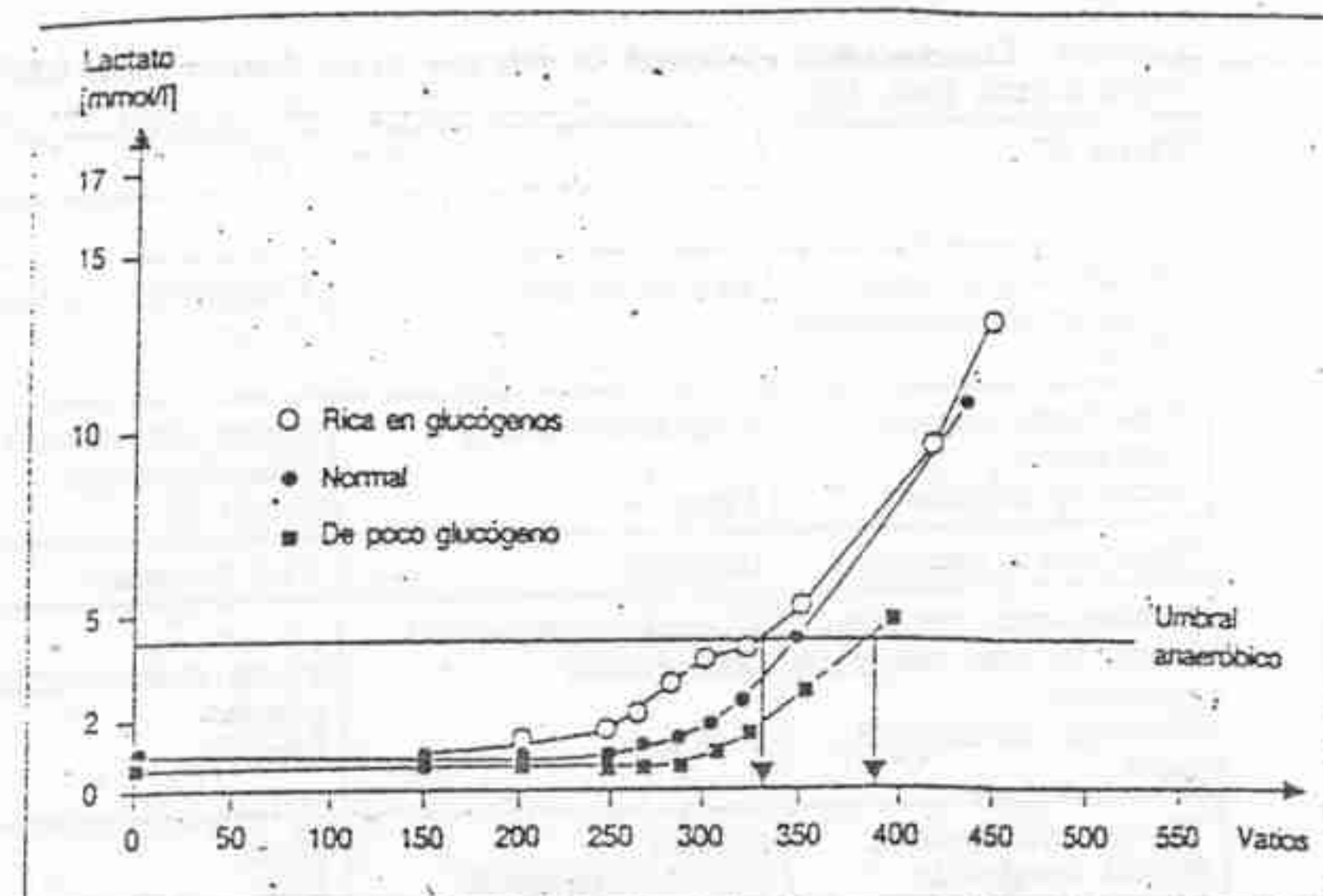


FIGURA 36: Influencia de las diferentes situaciones alimenticias en forma y posición de la curva de rendimiento lactácido, representada para un caso particular (fuente: BRAUMANN y cols., 1987, 37).

energética. Los diferentes tipos de fibras musculares (tabla 23) también tienen diferentes características metabólicas además de diferentes innervaciones (originadas en la correspondiente placa motora terminal) y comportamiento contráctil.

Tabla 23. Tipos de fibras musculares con sus diferentes denominaciones.

Roja	Blanca
Tónica	Fásica
De contracción lenta «slow twitch» (ST)	De contracción rápida «fast twitch» (FT)
	oxidativa (aeróbica) FTO
	glucolítica (anaeróbica) FTG
Tipo I	Tipo II _A Tipo II _B

Características

De la tabla 24 se desprende que las fibras-ST se caracterizan por:

Tabla 24. Características esenciales de cada uno de los tipos de fibras musculares (según BÄDTKE, 1987, 35).

Fibras ST	Fibras FT	
	FTO	FTG
De contracción lenta Duración de contracción: 75 ms	Rápida 30 ms	Contracción muy rápida 20 ms
Poca fuerza en cada contracción Factor de tracción 1	Contracción fuerte Factor 4	Fuerza muy elevada en cada contracción Factor 12
Resistente al cansancio	Cansable	Fácil de cansar
Motoneuronas pequeñas Placas motoras terminales pequeñas Umbral de excitación bajos	Motoneuronas grandes Más grandes Más altos	Placas motoras terminales grandes Elevado
Muchas mitocondrias Mucha mioglobina Muchos capilares	Muchas Cantidad mesurada Muchos	Poco Poco Poco
Pocos fosfágenos	Muchos	Muchísimos
Miosin ATPasa Baja actividad	Elevada	Muy elevada
Mucha grasa e HC (hidratos de carbono)	Muchos HC	Muchos HC almacenados
Equipadas con enzimas altamente activas de los metabolismos aeróbico-lípido y de hidratos de carbono	Equipadas con enzimas altamente activas de los metabolismos aeróbico y anaeróbico	Predominio de las enzimas del metabolismo anaeróbico
Área de sección entre 3100 y 5000 μ^2	4400 y 5900 μ^2	3500 y 5300 μ^2

- su riqueza en enzimas aeróbicas (del metabolismo del glucógeno y de las grasas),
- la multitud y tamaño de las mitocondrias (= lugares de donde proceden las sustancias energéticas aeróbicas de la célula muscular),
- mucha mioglobina (como conductor y depositador de oxígeno),
- riqueza en glucógeno y depósitos relativamente elevados de triglicéridos.

Se trata de las fibras resistentes al cansancio de la vía aeróbica.

Dentro de las fibras-FT de contracción rápida, más fáciles de cansar y de menos mioglobina, existen las fibras-FTO de unas propiedades intermedias, ya que están equipadas igualmente con enzimas aeróbicas y anaeróbico-glucolíticas. En las fibras-FTG predominan las enzimas

anaeróbicas y los depósitos más ricos en fosfatos y glucógeno. Son ciertamente las fibras fáciles de cansar que rinden durante poco tiempo liberando una energía elevada por unidad de tiempo.

Los tipos de fibras se emplean de acuerdo con sus propiedades. En los movimientos que requieren poca fuerza y que son lentos actúan en primer lugar las fibras-ST. Una vez que la capacidad de trabajo de éstas ya no sea suficiente o cuando se exige mucho desde el principio (fuerza o velocidad), se implican las fibras-FT. En una carrera de resistencia, esto no ocurre hasta que no se produce una carga cardiovascular del 90% (= porcentaje del $VO_{2\text{máx}}$). Las fibras-FTG sólo quedan afectadas cuando se realizan esfuerzos dinámicos máximos.

Distribución de los tipos de fibras

La composición del músculo esquelético de los distintos tipos de fibras depende mucho de factores hereditarios. Esto afecta a ambos sexos. La mayor parte de la población muestra (según BÄDTKE, 1987, 38) una relación del 50-60%, aproximadamente, de fibras-ST y del 40-50% de fibras-FT (de éstos: 60% FTO, 40% FTG). Esta distribución puede variar en casos concretos hasta 90:10 o bien 10:90 (HOLLMANN/HETTINGER, 1980, 181). Estos individuos resultan ser entonces los velocistas natos o bien maratonianos. Estas distribuciones extremas e innatas se requieren para rendimientos de élite mundial en el ámbito de la velocidad y de la resistencia.

El espectro de fibras se adapta en cierta manera a la actividad cotidiana. Los tipos de fibras de entrenados puede variar bastante, por esta razón. Se encontraron, por ejemplo, en el músculo vasto lateral (= cabeza externa del cuádriceps crural) de los entrenados en resistencia más del 90% de fibras-ST (SALTIN, 1977) o también un 80% de fibras-ST en todo el cuerpo (HINTERMANN, 1984). En los velocistas de clase mundial se observa obviamente un predominio fuerte de las fibras-FT. La figura 37 muestra la relación entre la distribución de los tipos de fibras y la modalidad deportiva.

Adaptaciones al entrenamiento

Es importante para el entrenamiento que con métodos prácticos (excepto: electroestimulación en condiciones de laboratorio) no será factible transformar un tipo de fibra en otro. No obstante, es posible diferenciar metabólicamente las fibras a través de cargas sistemáticas. Esto afecta en primer lugar las fibras-FTO y FTG. Las fibras-FTO que utilizan más la oxidación pueden, mediante cargas adecuadas, transformarse en más anaeróbicas y las fibras-FTG que son más glucolíticas en dirección aeróbica. Las cargas de velocidad, fuerza explosiva y fuerza

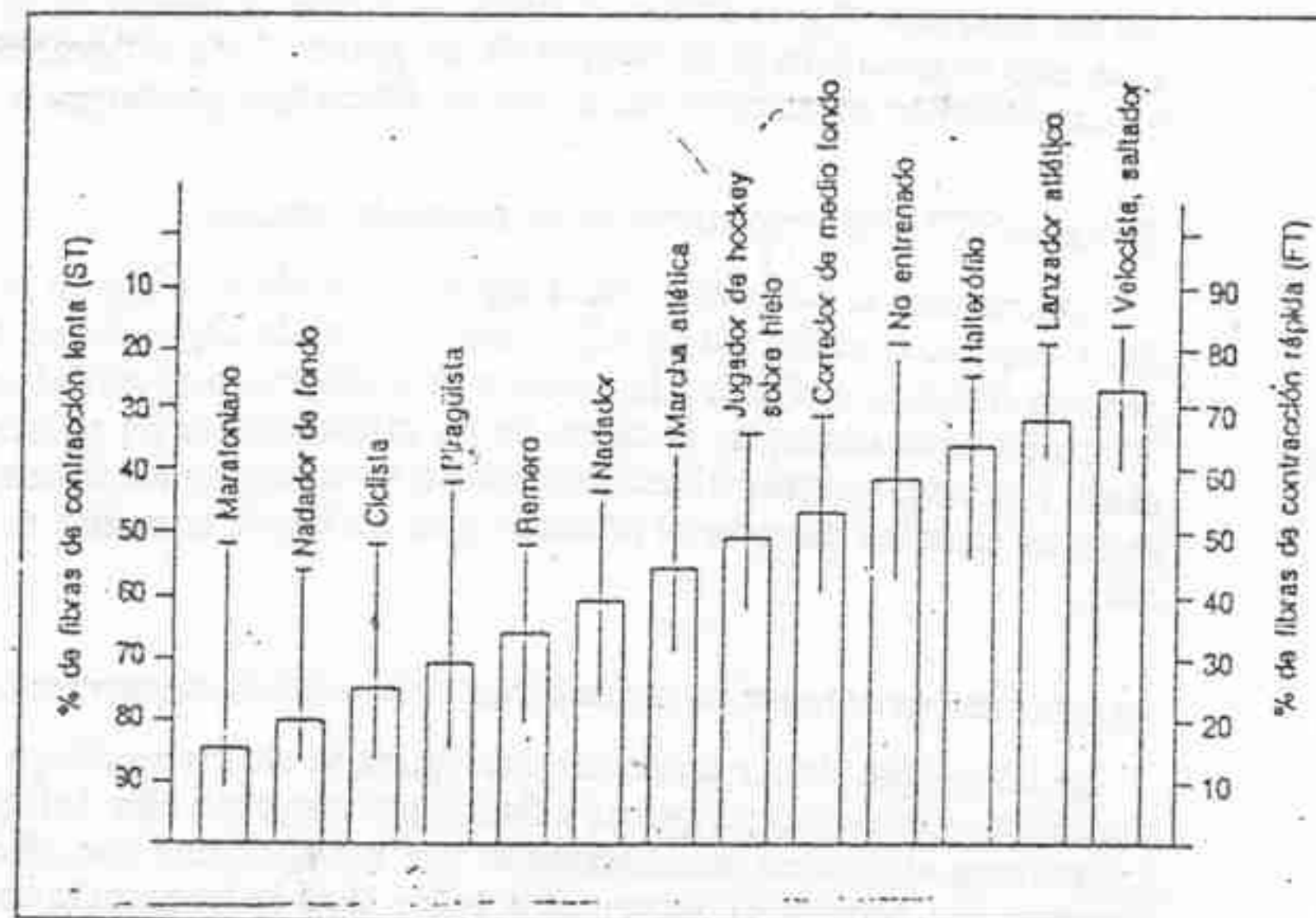


FIGURA 37: Relación esquematizada entre distribución de fibras y deporte (según BAOTKE y cols., 1987, 38).

máxima orientan en dirección FTG y las de fuerza lenta y de resistencia en dirección FTO. Cuando se elimina esta influencia (forma de entrenamiento), se atrofian los cambios impuestos. Cambios debidos al entrenamiento se pueden apreciar claramente después de unas 4-8 semanas. En la tabla 25 se exponen las reacciones concretas de adaptación frente a cargas específicas. Las reacciones de adaptación de los dos tipos de fibras no se interfieren mutuamente mientras no exista un nivel inicial muy elevado de la capacidad física en concreto. Ésta es la razón por la que en el entrenamiento de base se pueden desarrollar paralelamente capacidades físicas «opuestas» (por ejemplo, resistencia y fuerza máxima). Sin embargo, en un nivel elevado, éstas se perjudican mutuamente.

Regulación neurohormonal

Las actividades deportivas y con ellas también las cargas de resistencia no sólo son determinadas por la musculatura esquelética, el sistema respiratorio y cardiovascular, sino que también se someten a la regulación a través del sistema nervioso vegetativo y hormonal. La regulación global del organismo en trabajo siempre supone una estrecha cooperación de ambos sistemas por lo que hablamos de regulación neurohormo-

Tabla 25. Reacción de adaptación de los tipos de fibras musculares frente a estímulos específicos de carga.

Entrenamiento de velocidad, fuerza explosiva, fuerza máxima	Entrenamiento de fuerza-resistencia, resistencia
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la superficie de las fibras FT debido a la multiplicación de los elementos contráctiles • Multiplicación de las enzimas anaeróbicas en el plasma celular • Multiplicación del glucógeno en las fibras FT • Diferenciación metabólica de las fibras FT en dirección a las FTG • Disminución de las mitocondrias • Retroceso de la capilarización (número de capilares por fibra) • Aumento del recorrido de difusión para el oxígeno debido a la hipertrofia 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la superficie de las fibras ST debido a la multiplicación y el crecimiento de las mitocondrias • Multiplicación de las enzimas aeróbicas en las mitocondrias • Multiplicación de la mioglobina • Multiplicación del glucógeno en las fibras ST • Diferenciación metabólica de las fibras FT en dirección a las FTO • Incremento de la capilarización (número de capilares por fibra, mayor permeabilidad de la pared capilar, ondulación) • Disminución del recorrido de difusión para el oxígeno
Provoca en un nivel elevado de rendimiento un retroceso de las capacidades de resistencia aeróbica	Provoca en un nivel elevado de rendimiento un retroceso de la velocidad, fuerza explosiva y fuerza máxima.

nal. El hipotálamo y la hipófisis forman entonces un órgano director de regulación de este sistema vegetativo-hormonal (fig. 38).

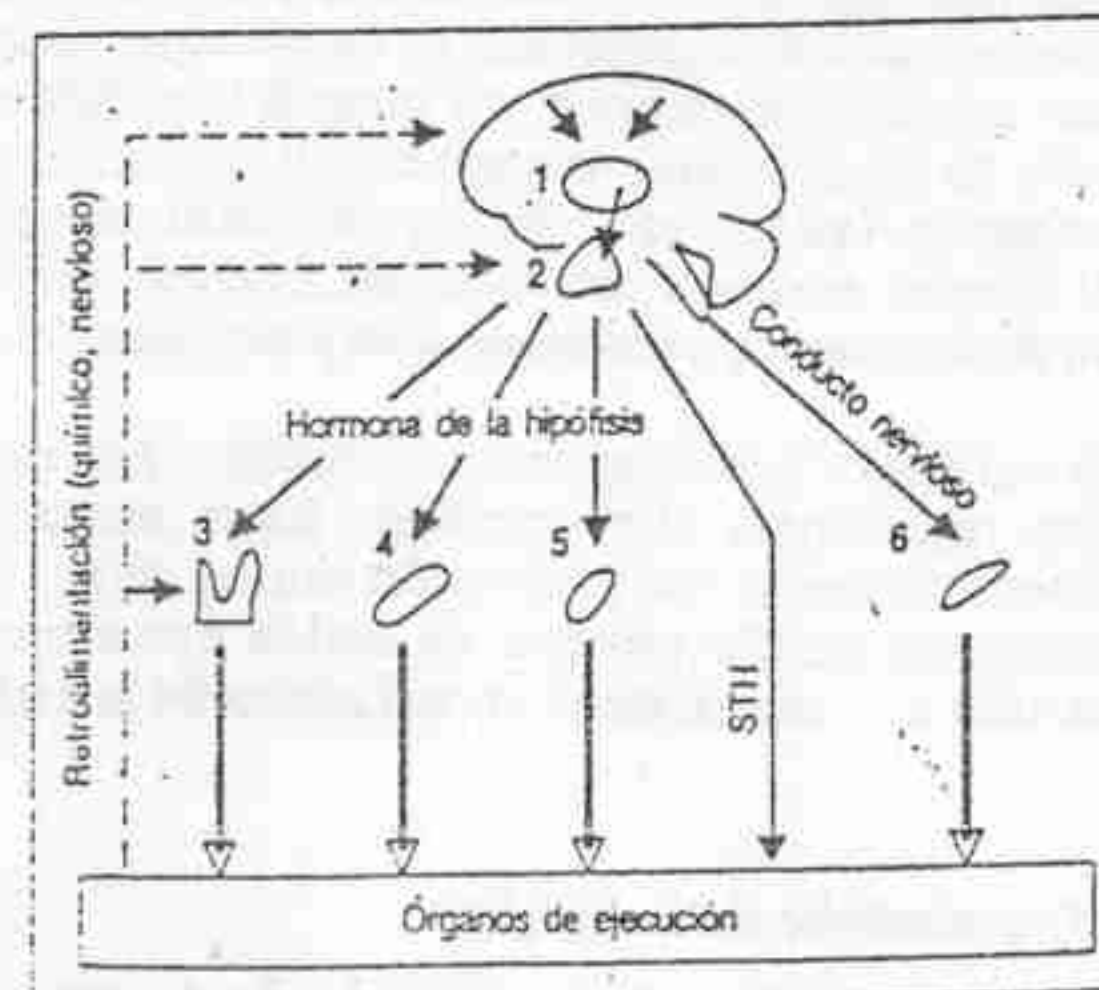


FIGURA 38: Sinopsis de la regulación directora del sistema neurohormonal a través del hipotálamo (1) e hipófisis (2). 3 = glándula tiroides, 4 = corteza suprarrenal, 5 = glándulas genitales, 6 = médula suprarrenal (modificado en base a BAOTKE y cols., 1987, 223).

Sistema nervioso vegetativo

El sistema vegetativo está funcionalmente dividido en dos sistemas parciales: simpático y parasimpático (representante principal: nervio vago).

Ambos sistemas inciden en la mayoría de órganos y los preparan, mediante una adaptación mutua, para las diferentes necesidades. El simpático se califica como «nervio de activación», que activa sobre todo los sistemas de respiración, cardiovascular, hormonal y la musculatura esquelética. El parasimpático que es el «nervio del descanso» tiene un efecto reductor para ellos y activa sobre todo el sistema digestivo, el hígado y los riñones dentro del marco de su función. El entrenamiento se diferencia del no entrenado por la manifestación más segura y más rápida del tono simpático (= situación de mayor reacción del nervio de activación) y por una superioridad del tono vago (= situación de reacción del nervio vago reductor) durante los descansos. Este último aspecto implica una reducción del tiempo de recuperación y de resíntesis, la vagotonía disminuye, por ejemplo, la frecuencia cardíaca en reposo a las pocas semanas del entrenamiento de base.

Hormonas importantes

Por una parte, los rendimientos deportivos sólo son factibles a través de su regulación hormonal y, por otra parte, se presenta un efecto retroactivo para el sistema endocrino a través de las cargas deportivas, igual que en otros sistemas orgánicos. La adaptación a los estímulos de carga correspondientes se traduce principalmente en un mejor funcionamiento, en una mayor amplitud de reacción y a menudo también en un incremento del tamaño de las glándulas hormonales. Finalmente, el sistema hormonal previene el vaciado total de los depósitos energéticos que resultaría letal. Existe, en cierta manera, un bloqueo hormonal frente a la utilización de las reservas autónomamente protegidas del organismo.

De la multitud de hormonas que intervienen en muchos procesos vitales como sustancias reguladoras sólo queremos hacer mención de aquellas que pueden tener importancia en relación con las cargas de resistencia. Incluso dentro del amplio espectro de acción que a menudo poseen las hormonas sólo nos centraremos en el ámbito de la resistencia.

Somatotropina (STH) procedente de la hipófisis

Esta hormona de crecimiento frena la degradación de glucosa, incrementa la resíntesis de glucógeno y moviliza los ácidos grasos en el tejido graso y la oxidación de los ácidos grasos. Durante las cargas de resistencia

de mediana intensidad se registra un fuerte aumento en la sangre. Con ello se garantiza la oxidación de las grasas. Una adaptación al entrenamiento se manifiesta en su mayor liberación prolongada.

Tiroxina (T3/T4) procedente de la glándula tiroides

Las hormonas tiroideas fomentan la captación de oxígeno en los tejidos y con ello la resíntesis de ATP; incrementan la degradación de glucógeno en músculo e hígado y la entrada de glucógeno a nivel del intestino. También hace aumentar la masa de las mitocondrias en músculo e hígado. Las adaptaciones al entrenamiento se muestran en un mayor desgaste de tiroxina durante el esfuerzo y en un ligero aumento de la glándula.

Adrenalina/noradrenalina procedentes de la médula suprarrenal (MSR)

La liberación de las catecolaminas hacia la sangre se dirige desde el simpático. Las cargas psíquicas y físicas por dar pie a ello. Influyen conjuntamente al sistema cardiovascular y al metabolismo con efectos algo distintos. La adrenalina incrementa sobre todo la frecuencia cardíaca y la contracción del músculo cardíaco; degrada el glucógeno dentro del metabolismo (gluconeogénesis) a nivel de hígado y músculo (efecto sinérgico frente a la tiroxina) y moviliza los ácidos grasos libres procedentes del tejido graso (efecto sinérgico frente a la STH). La noradrenalina estrecha los vasos (vasoconstricción), incrementa la presión sanguínea y moviliza (conjuntamente con la adrenalina) sobre todo a los ácidos grasos libres del tejido graso.

Las catecolaminas preparan con estos efectos el organismo para el rendimiento. La liberación de catecolaminas es por eso una necesidad imperativa para el alto rendimiento deportivo. Las adaptaciones al entrenamiento se manifiestan en que se consigue el mismo rendimiento con menos cantidad de catecolaminas pero, en caso de necesidad, se pueden liberar muchísimas más.

Aldosterona procedente de la corteza suprarrenal (CSR)

Este corticoide mineral tiene su mayor efecto en el metabolismo electrolítico sobre todo en relación a la administración del sodio y del potasio. Es decisiva para el mantenimiento de volumen sanguíneo (plasma sanguíneo). Se libera por eso en grandes cantidades cuando existen elevadas pérdidas de agua (de sudor). Frente a un nivel bajo de entrenamiento se puede llegar a agotar las existencias de esta hormona, perturbando así la administración de electrolitos/agua igual que la regulación térmica. Deportistas de resistencia muy entrenados no suelen agotar la aldosterona.

Cortisona procedente de la corteza suprarrenal (CSR)

Esta glucocorticoide fomenta la *gluconeogénesis* (= formación de glucosa o bien glucógeno en el hígado basándose en aminoácidos) y con ello la *síntesis de las proteínas* en la musculatura. Esto se requiere sobre todo para rendimientos en el maratón y de RDL-ultra. Además existe una colaboración en la *movilización de los ácidos grasos* en los depósitos de grasa (efecto sinérgico con STH y catecolaminas). Evidentemente se incrementa la cortisona durante entrenamientos prolongados o intensos y durante las competiciones correspondientes. Si se observa (medición regular de la cortisona) una *pérdida de la actividad de la hormona* se puede concluir la *formación de un estado de sobreentrenamiento*. Una adaptación al entrenamiento se muestra de nuevo en una menor producción de cortisona durante esfuerzos prolongados y en que no se observa una reducción de la liberación de cortisona (como en el caso de los no entrenados). Además se hipertrofia claramente la corteza suprarrenal lo que permite la liberación de grandes cantidades de cortisona durante los esfuerzos elevados. No se pueden agotar del todo las reservas de cortisona de la CSR y con ello la gluconeogénesis debido al efecto retroactivo hormonal (a través del hipotálamo y la hipófisis). Esto significa que también aquí está presente el mecanismo de protección a cargo de las hormonas referentes a la utilización de las reservas autónomamente protegidas.

Insulina procedente del páncreas

El efecto principal de esta hormona es incrementar la *permeabilidad de la pared celular para la glucosa* (también para aminoácidos y ácidos grasos). El *azúcar sanguíneo*, procedente de los alimentos o de la disociación del glucógeno hepático (hormona: glucogona), llega de esta forma *con mayor rapidez a la célula muscular*. La adaptación al entrenamiento se articula en una menor necesidad de insulina frente al mismo efecto, lo que implica a su vez menores cantidades liberadas y mayor sensibilidad para la insulina por parte del tejido. Además de su influencia en el metabolismo del azúcar, la insulina fomenta la *síntesis de las proteínas* (en el músculo) y la *deposición de grasas* (a través de los azúcares procedentes de la alimentación) en los tejidos. Se inhibe la liberación de ácidos grasos libres de las grasas depositadas (efecto antagónico a STH, catecolaminas, cortisona).

Restauración del equilibrio hormonal

Las descripciones de las hormonas mencionadas ponen de relieve que, en primer lugar, las *cantidades suficientes* de estas sustancias son una *condición previa* para rendimientos de resistencia muy intensas

y menos intensas, y que, en segundo lugar, se produce el *cansancio* cuando las hormonas *pierden su actividad*. Este último aspecto se observa sobre todo en caso de disminución en unas 72 horas. Este tiempo se puede prolongar hasta 5-7 días en caso de grandes liberaciones de cortisona (por ejemplo, en los maratones).

No todas las cargas de resistencia (sobre todo en el entrenamiento) afectan el equilibrio hormonal en esta medida. Decisiva es la intensidad de las cargas (KINDERMANN, 1978, 354):

«Frente a una implicación del $\text{VO}_2\text{máx.}$ en un 50-60%, lo que es más o menos idéntico a un *entrenamiento extensivo de la resistencia en niveles del umbral aeróbico*, apenas se afecta al vegetativo con *liberaciones de catecolaminas*. Estas cargas de entrenamiento incluso tienen efecto *positivo para la regeneración*.»

La liberación de adrenalina y cortisona se incrementa notablemente frente al 70-75% del $\text{VO}_2\text{máx.}$, lo que equivale en el *entrenamiento de la resistencia a intensidades cerca del umbral anaeróbico o al método interválico*. Después de este tipo de esfuerzos de duraciones correspondientes se ha de prever un *«tiempo de recuperación hormonal» de más de 24 horas*. Los depósitos de glucógeno y el equilibrio electrolítico pueden estar restaurados en este tiempo si se establecen las medidas alimenticias correspondientes (dieta con hidratos de carbono, aportación de electrolitos). El siguiente entrenamiento de tipo intenso o competiciones no se debería realizar hasta pasados 2-3 días.

El efecto sobre el equilibrio hormonal también se ha de tener en cuenta en caso de *cargas dobles* (por ejemplo, carreras previas, intermedias o finales en competiciones). Ello se debe a que una *recuperación incompleta* puede provocar -frente a la misma carga exterior- diferentes regulaciones metabólicas, influyendo así en el rendimiento normal.

Regulación calórica y equilibrio de electrolitos/agua

En actividades corporales prolongadas el desgaste energético se incrementa en función de la intensidad de carga. Entre el 75 y el 97% de la energía transformada se manifiesta en forma de calor debido al *desfavorable grado de efectividad mecánica* de la «máquina humana» (en las mejores situaciones de la práctica deportiva, un 25% aproximadamente). Esto produce, después del incremento de la temperatura muscular y periférica, además un *aumento de la temperatura interna del cuerpo*, o sea una acumulación calórica causada por la carga (= hipertérmica del esfuerzo). En un maratón, por ejemplo, se producen unas 2.000 kcal (8.500 kJ) en forma de energía calórica. La problemática resultante se incrementará aún más en caso de temperaturas ambientales elevadas o vestimenta no transpirable.

La acumulación calórica tiene diferentes efectos físicos que finalmente llegan a perjudicar la capacidad de resistencia:

- Se produce una *desviación de la sangre* de la musculatura esquelética en funcionamiento hacia la piel. El calor del interior del cuerpo se ha de transportar allí para desviarlo al entorno. El *volumen minuto cardíaco* puede *incrementarse por ello hasta un 15%*. A pesar de ello se empeora la oxigenación de la musculatura esquelética.
- Las paredes venosas adquieren una mayor elasticidad a causa del calor, lo que *dificulta el retorno sanguíneo* hacia el corazón. Incluso se pueden producir situaciones de colapso ortostático.
- Debido a la necesidad mayor de desviar el calor se establece la *hiperventilación* (= incremento excesivo de la respiración) lo que implica una mayor eliminación del dióxido de carbono. Esto tiene un efecto sobre la concentración ácido-básica de la sangre (alcalosis respiratoria) de forma que resulta una mayor disposición a situaciones espasmódicas del músculo.
- La temperatura corporal subida (es posible alcanzar una temperatura interior de 40 grados) también puede perturbar los *procesos metabólicos de regulación endocrina*, puesto que las enzimas clave siempre necesitan una temperatura óptima para su efecto catalizador (a menudo alrededor de 39 grados).
- La *mayor irradiación calórica* sólo se puede mantener a través de la evaporación del sudor (además de irradiación y conducción) lo que requiere una *mayor producción de sudor*.

Los siguientes datos son interesantes en cuanto a la transpiración y la consiguiente pérdida de electrolitos:

- Una *pérdida de agua* equivalente al 2% (producido en poco tiempo) o bien del 4% del peso corporal (a lo largo de varias horas) *perjudica la capacidad de resistencia*. Estos 2-4% implican para una persona de 70 kg de peso de 1,5-2,5 litros aproximadamente. La tabla 26 expone las pérdidas medias de peso en diferentes deportes. Con temperaturas ambientales extremas se pueden producir fácilmente pérdidas de sudor sobre los 2 l/h durante rendimientos deportivos.
- En el caso del *maratón* se suele indicar una producción calórica de 2.000 kcal (8.500 kJ). Puesto que 1 litro de sudor evaporado extrae 580 kcal (2.430 kJ) al cuerpo y dado que en realidad sólo se evapora

Tabla 26. Pérdidas de peso en diferentes modalidades deportivas (según JAKOWLEW, 1952).

Deporte	Pérdidas de peso	Deporte	Pérdidas de peso
100 m lisos	Aprox. 0,15 kg	Baloncesto	Aprox. 1,7 kg
10 000 m de fondo	Aprox. 1,5 kg	Fútbol	Aprox. 3,0 kg
Maratón	Aprox. 4,0 kg	Lucha (peso medio)	Aprox. 1,8 kg
10 km de esquí	Aprox. 1,0 kg	Boxeo (peso medio)	Aprox. 1,6 kg
Remo 2000 m	Aprox. 0,8 kg	Hockey sobre hielo	Aprox. 1,8 kg
Esgrima	Aprox. 1,0 kg		

Tabla 27. Síntomas de pérdidas de agua en el cuerpo.

Pérdidas en % del peso corporal	Síntomas
2-5 %	Sensación de sed, pulso elevado, falta de apetito, cansancio, calambres musculares, sensación de debilidad, agresividad
6 % y superior	Malestar, mareo, dolores de cabeza, ausencia de la segregación de saliva, calambres fuertes, visión borrosa, alteraciones de la coordinación, lipotimia, alteraciones psíquicas

la mitad del sudor producido (el sudor que cae goteando no tiene efecto refrigerador) se necesitarían unos 1 l de sudor para la cantidad de calor antes indicada. Realmente podemos contar con una *pérdida de 3-4 l* (aportación de líquidos, formación de agua de oxidación a través de la disociación de glucógeno). Los 4 l todavía implican para un corredor de 65-70 kg entre 5,5 y 6% *de su peso corporal*. Luego se comprenden los síntomas físicos que se presentan durante o después de un maratón u otros esfuerzos de RDL (tabla 27).

- El agua que se pierde con la transpiración (hasta pérdidas del 2%) no afecta en un principio al volumen sanguíneo. Procede del espacio intercelular del tejido. No obstante, el plasma sanguíneo será a continuación el proveedor directo del líquido para la sudoración. Los efectos son *mayor viscosidad sanguínea e incremento del trabajo cardíaco*. De la figura 39 se desprende que un organismo deshidratado (reseco) capta menos oxígeno.
- El cuerpo pierde con el *sudor* también *electrolitos (sales)*. Son los que realmente causan las reacciones que se adjudican a pérdidas de agua. Se trata primordialmente de *sal común* (NaCl), potasio (K), magnesio (Mg) y los oligoelementos hierro (Fe) y cinc (Zn). Sodio, potasio y cloro participan en el ajuste de la presión osmótica de las paredes celulares, magnesio, hierro y cinc son elementos importantes de las enzimas y de la mioglobina/hemoglobina (hierro). La interrupción de la concentración normal del líquido corporal provoca evidentemente en seguida una *perjudicación de la actividad muscular y del transporte de oxígeno*.
- El *sudor no contiene la misma concentración electrolítica como por ejemplo el plasma sanguíneo* (tabla 28). Na^+ , Cl^- se pierden en menor

Tabla 28. Concentración de los electrolitos (mEq/l) en el plasma sanguíneo y en el sudor (según COSTILL, fuente: KONOPKA, 1985, 96).

	Sodio	Cloro	Potasio	Magnesio	Total
Plasma	140	100	4	1,5	245,5
Sudor	40-60	30-50	4-5	1,5-5	75,5-120

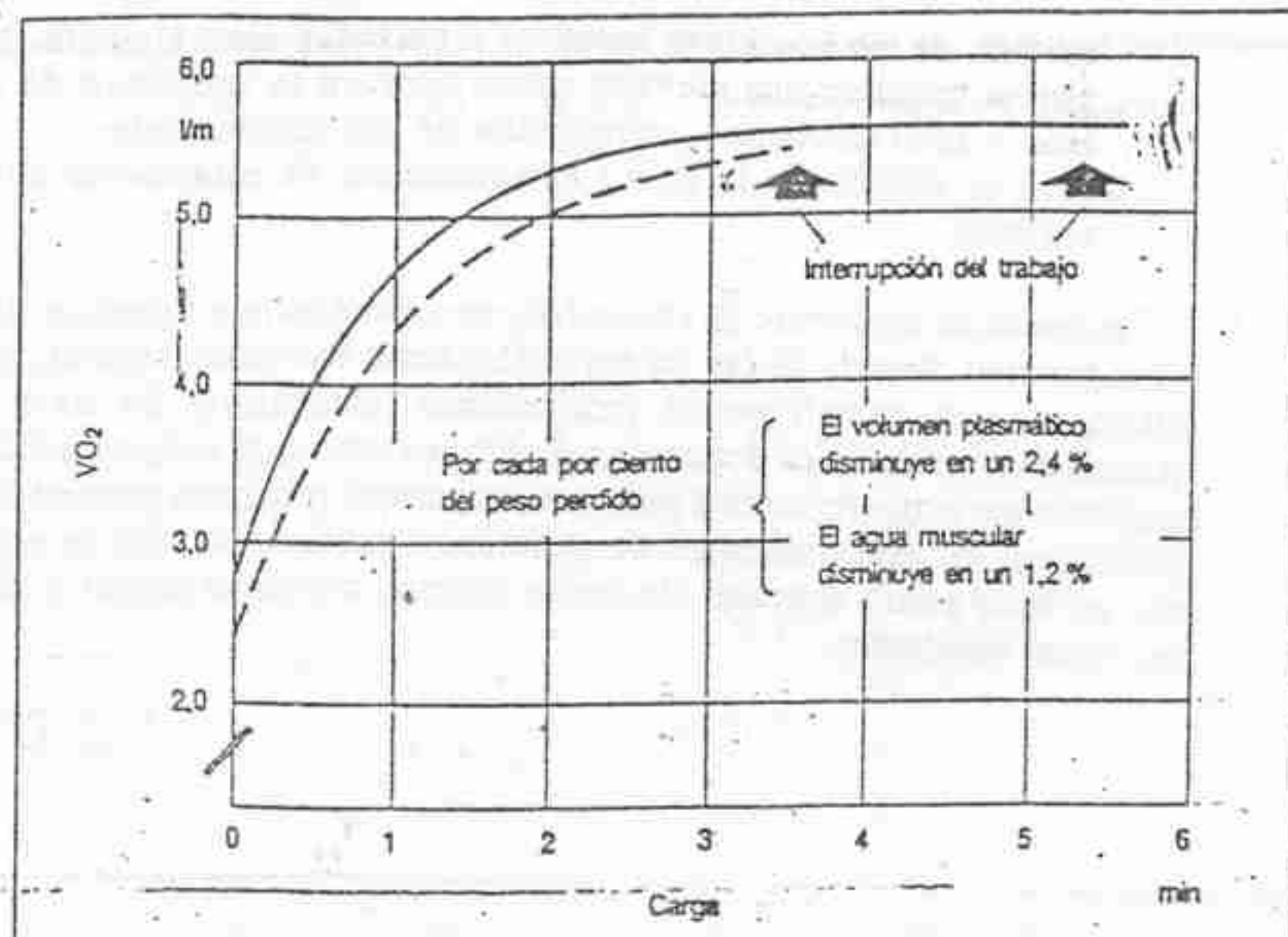


FIGURA 39: Consumo de oxígeno en caso de falta de agua. En condiciones normales, la carga se puede mantener durante 5 1/2 min más. Pero con falta de agua, el mismo rendimiento sólo se puede realizar durante 3 1/2 min. Las flechas indican en cada caso el máximo tiempo de trabajo (según Moesch, fuente: KONOPKA, 1985, 101).

concentración (el sudor es con sus 3 g de NaCl/l una solución llamada hipotónica frente al plasma sanguíneo con 9 g de NaCl/l), K y Mg en igual o bien en mayor concentración. Esto se debe a la capacidad de las glándulas sudoríparas de retener parte del cloruro sódico. Esta capacidad está más desarrollada en entrenados en resistencia que en no entrenados. Es esencial tener en cuenta las concentraciones perdidas en su contexto a la hora de recuperar electrolitos/líquidos. Por eso no sólo resulta desfavorable la insuficiente recuperación de electrolitos mediante bebidas inadecuadas de contenido mineral demasiado bajo (por ejemplo, Coca Cola, limonadas sencillas) o simplemente agua, sino que también la ingestión de concentraciones electrolíticas demasiado elevadas que se encuentran en algunas bebidas minerales. En ambos casos se perturba el contexto normal de concentraciones del líquido corporal lo cual puede interferir en la funcionalidad del organismo. (Indicamos las explicaciones de KONOPKA, 1985, 126, sobre la recuperación adaptada de electrolitos a través de preparados minerales o bien bebidas naturales.)

Los entrenados en resistencia demuestran ciertas adaptaciones frente a no entrenados en cuanto a la regulación calórica y el equilibrio de electrolitos/agua:

- Se pueden alcanzar temperaturas internas superiores que se toleran con menores perjuicios.
- La producción de sudor se puede doblar puesto que las glándulas sudoríparas se multiplican y funcionan mejor. Siendo la producción de sudor de los no entrenados de unos 0,8 l/h, la de los entrenados alcanza 2-3 l/h. Esto constituye un requisito necesario para poder incrementar los rendimientos energéticos.
- Todavía se pueden alcanzar rendimientos máximos ante pérdidas de agua del 3% del peso corporal.
- Incluso las pérdidas de agua más elevadas no se reflejan tanto en una disminución del plasma sanguíneo.

A pesar de estos mecanismos compensatorios frente a los inconvenientes para el rendimiento físico causados por fenómenos térmicos y de los líquidos, el deportista de resistencia ha de cuidar los siguientes puntos, ingiriendo a tiempo las bebidas suficientes:

- 1) que el incremento de la temperatura se mantendrá más bajo o bien se atrasa (el beber mejora la eliminación del calor a través del sistema sanguíneo y estimula la eliminación del sudor),
- 2) que se previene o bien se enfrenta la falta de electrolitos con todas sus desventajas.

La siguiente regla vale para la ingestión de líquidos durante cargas prolongadas de resistencia:

- bebida que sustituye los electrolitos del sudor en cuantías de 1 l/h
- repartido en 1/4 de litro cada 15 min
- inicio de la toma de líquidos ante una sensación marcada de sed (a menudo después de unos 45-60 min)

Evidentemente, estas exigencias teóricas no siempre se pueden cumplir en la práctica de competición y entrenamiento. No obstante, deberían constituir una línea maestra del comportamiento en adaptación individual a las adaptaciones ya existentes (no entrenado-muy entrenado).

Función del sistema neuromuscular

En general, apenas suele considerarse una influencia del estado funcional del sistema neuromuscular de tipo decisivo para los rendimientos de resistencia. Pero incluso en el caso de movimientos cíclicos y no muy complejos como los encontramos en los deportes de resistencia, la calidad del movimiento puede influir de forma decisiva en el rendimiento de

resistencia. Otros factores de rendimiento sólo podrán obtener su mayor efecto en combinación con una buena técnica y coordinación. Esto se aplica tanto para carreras atléticas y ciclistas como para esquí de fondo, remo y piragüismo; en mayor medida, desde luego, en los movimientos acíclicos de los deportes colectivos o de lucha.

En el ámbito de la resistencia se ha de asegurar el aspecto primordial, que es una *efectividad motriz elevada y una economía del movimiento* durante un tiempo prolongado, a pesar de que existen diferencias en cuanto a la importancia específica de la técnica motriz entre los deportes cíclicos de resistencia (estereotipo motriz estable) y los deportes colectivos y de lucha (repertorio rico de destrezas en combinación con elevada variabilidad).

Un aspecto relevante procedente del amplio capítulo de la regulación neuromuscular (coordinación) es en este contexto el *carácter fásico del aprendizaje motor*. El desarrollo de las *habilidades motrices* (= desarrollo de *estereotipos dinámico-motrices*) en el que finalmente se basan los rendimientos de resistencia, se efectúa en tres fases: *coordinación global - coordinación detallada - estabilización*.

Durante la *primera fase*, la *regulación del movimiento aún será ineconómico*, puesto que se implican muchos músculos en los movimientos y aún no se ajustan mucho los estímulos estimuladores e inhibidores desde el sistema nervioso central en relación a las contracciones y relajaciones de los músculos. Ello tiene como consecuencia general un mayor desgaste de los depósitos energéticos y de oxígeno, lo que supone un efecto negativo para la resistencia.

Durante la *segunda fase* se establecen *esquemas motrices* que ya no poseen las anteriores desventajas, debido a un proceso de concentración a nivel del sistema nervioso central. Pero éstos *pierden su estabilidad en presencia de un mínimo efecto perturbador* desde el exterior (= desviación de condiciones óptimas). La regulación inconsciente se vuelve en parte consciente. Ello requiere de nuevo un mayor desgaste energético. Interrupciones durante los ejercicios pueden hacer perder, en esta fase, los programas motrices. *El entrenamiento de la técnica motriz puede entonces incrementarse o bien el rendimiento de resistencia*.

En la *tercera fase* se llegan a ajustar y estabilizar los esquemas motrices de tal manera que existe una elevada exactitud del movimiento poco propensa de ser interferida. En caso de perturbaciones se dispone de programas alternativos hasta volver a alcanzar una elevada continuidad. La *regulación* se efectúa a nivel del *subconsciente*, es decir que la corteza cerebral (el consciente) se descarga para poder ocuparse de otras tareas, todo ello se manifiesta en un bajo desgaste energético, lo que implica un incremento del rendimiento de resistencia.

De lo expuesto resultan los siguientes *objetivos del entrenamiento de la resistencia*:

- Para los ámbitos de la RB (resistencia de base), RDC y RDM: opti-

mación de los esquemas motrices archivados centralmente, puesto que se requiere una elevada calidad y una alta velocidad de ejecución o bien estructura complicada de los movimientos.

- Para el ámbito de la RDL: estabilización de estereotipo motriz a realizar.

Además de la función de control de movimientos, no debemos olvidar otra función dentro de las tareas del sistema nervioso central, que de cierta manera constituye un rendimiento integrativo. Se trata de la *puesta a disposición de esquemas de comportamiento adaptados de procedencia nervioso-vegetativa* para los programas motrices requeridos. En definitiva: los «rendimientos de resistencia perfectos» sólo se producirán en base a esta cooperación entre sistema nervioso motor y sistema nervioso vegetativo.

La resistencia desde una perspectiva práctica del entrenamiento

Sinopsis en función de formas y tipos de resistencia

Un entrenamiento inteligente de la capacidad de condición física se orienta en determinados fines (objetivos del entrenamiento). Los objetivos generales del entrenamiento de la resistencia -redactados como valores en el nivel más alto de abstracción- sólo pueden ser:

- Mantenimiento o bien recuperación de la salud (salud en el sentido de un estado funcional medible de los sistemas orgánicos) y forma física (forma física en el sentido de capacidad general de rendimiento en las actividades deportivas previstas). Ambas requieren el *entrenamiento de las bases globales de rendimiento de la resistencia*.
- Consecución e incremento de la resistencia específica enmarcada en el deporte de rendimiento y de alto rendimiento, lo que implica el *entrenamiento de la capacidad de resistencia específica de cada modalidad*.

En estas circunstancias se recomienda una primera *estructuración de la resistencia en sus dos formas*, la resistencia de base y la resistencia específica (tabla 9). Ambos tipos tienen puntos en común: la resistencia de base con su *función básica y su carácter genérico* en su sentido polivalente, y la resistencia específica con su función de *conseguir rendimientos altos y máximos y su carácter específico* en su sentido de parcialidad.

Cada forma de resistencia se podrá subdividir en diferentes tipos. Se trata de una subdivisión con características menos diferenciadas entre sí.

Los criterios que se siguen en ello son, para la resistencia de base, la *relación con la actividad* (dependencia de la modalidad) y el *nivel de capacidad aeróbica*. De allí resultan:

- resistencia de base I como tipo independiente de la actividad (ejercicios neutrales),
- resistencia de base II como tipo dependiente de la actividad (ejercicios característicos),
- resistencia de base acíclica como tipo con cargas alternantes.

Dentro de la *resistencia específica* se adaptan los siguientes criterios concretos para definir las cargas típicas en cada caso, diferenciando a su vez entre los distintos tipos de resistencia específica:

- La *duración de la carga* con su máxima intensidad posible en trabajos dinámicos.
- La *intensidad de las cargas* hallada mediante los promedios de la frecuencia cardíaca/minuto, el porcentaje del desgaste de la cantidad máxima de oxígeno captada, los valores de lactato sanguíneo (mmol/l) y el desgaste energético/unidad de tiempo (kJ o bien kcal/min).
- La *vía energética* a través de la relación global aeróbica/anaeróbica, la forma de degradación más común usada (glucólisis anaeróbica-co-alactácida, anaeróbica-lactácida, aeróbica, lipólisis) y los sustratos decisivos para aportar energía (fosfatos, glucógeno, grasas, proteínas).

Así resultan:

- resistencia de duración corta (32 seg-2 min),
- resistencia de duración mediana (2-10 min),
- resistencia de duración larga, tipos I, II, III y IV (>10 min).

Véase al respecto la tabla 29.

Estos términos orientados en la *duración* se consideran como *apropiados para sus consecuencias metodológicas en el entrenamiento* a pesar de no expresar los verdaderos parámetros (= parámetros limitadores determinantes), siempre que se dé una definición exacta. Los tiempos aquí indicados tienen en cuenta el nivel de entrenamiento y la edad biológica. Todo ello se especifica en la figura 40.

Resistencia de sprint	RDC	RDM	RDL I	RDL II	RDL III
8-10 seg	45 seg	2 min	10 min	35 min	90 min
3 seg	35 seg	Más corto en comparación con entrenados			
5 seg	25-30 seg RDC	RDM	RDL	Capacidad aeróbica superior	
				Capacidad anaeróbica inferior	

FIGURA 40: Límites temporales de los tipos específicos de resistencia en función del nivel de rendimiento y de la edad biológica (según KOHLER, y cols., 1978, 281).

Tabla 29. Delimitación de los tipos específicos de resistencia en función del tiempo (dinámica) del esfuerzo, intensidad de carga y vías energéticas (según datos de NEUMANN, 1984, 174 y BADKE y cols., 1986, 358). Las indicaciones numéricas son promedios de varios deportes. Por esta razón no aparecen los valores extremos individuales conocidos en algunas modalidades de resistencia. Los datos reflejados no constituyen informaciones exactas, sino que son más bien valores orientativos básicos, ya que los cambios de uno a otro tipo de resistencia son progresivos.

	RDC	RDM	RDE			
	I	II	III	IV		
Duración de carga	35 seg-2 min	2-10 min	10-35 min	35-90 min	90 min-6 h	> 6 h
Intensidad de carga	Máxima	Máxima	Submáxima	Submáxima	Mediana	Ligera
FC/min	185-195	190-200	180	170	160	140 (120-160)
% VO ₂ máx.	100	100-95	95-90	90-80	80-60	60-50
Lactato mmol/l	10-18	12-20	10-14	6-8	4-5	< 3
Consumo energético kcal(kJ)/min	60 (250)	45 (190)	28 (120)	25 (105)	20 (80)	18 (75)
Vía energética	Predominio anaeróbico	Aeróbica / anaeróbica	Predominio aeróbico hasta totalmente aeróbica			
Anaeróbica: aeróbica	80:20 65:35	60:40 40:60	30:70 20:80	10:90	5:95	1:99
Alactácida (%)	15-30	0-5	-	-	-	-
Lactácida (%)	50	40-55	20-30	5-10	< 5	< 1
Aeróbica (HIC) %	20-35	40-60	60-70	70-75	60-50	< 40
Aeróbica (grasas) (%)	-	-	10	20	40-50	> 60 (-75 %)
Sustrato energético principal	Glucógeno, fosfatos	Glucógeno (muscular)	Glucógeno (muscular + hepático)	Glucógeno (muscular + hepático), grasas	Grasas + glucógeno	Grasas, proteínas

La práctica del deporte de rendimiento y de alto rendimiento trata en último término de entrenar la *resistencia de una forma específica para cada modalidad* lo que engloba además de las vías energéticas típicas también a la *estructura del movimiento*. Estas capacidades concretas son, por ejemplo, la *capacidad de resistencia de duración corta del corredor atlético* (por ejemplo, en la carrera de 400 m lisos), *capacidad de resistencia de duración mediana del nadador* (por ejemplo, en los 400 m de crol), la *capacidad de resistencia de duración larga, tipo III, de corredores atléticos* (para el maratón) y la *capacidad de resistencia de duración larga, tipo II, de esquiadores de fondo* (para los 15 km de esquí de fondo).

No obstante, en la sistematización de la resistencia —dentro de nuestras pretensiones metodológicas para el entrenamiento— no queremos llegar hasta este punto, puesto que la metodología del entrenamiento trata en primer lugar de *comprender los fundamentos de los métodos de entrenamiento y su aplicación específica para cada tipo*, en vez de crear una lista de la multitud de formas de entrenamiento.

Los tipos de resistencia se explicarán detalladamente a continuación, obteniendo así una caracterización.

Resistencia de base I (RB I)

El concepto *resistencia general* se trata sinónimamente en la bibliografía y se evita aquí conscientemente, puesto que pertenece a la diferenciación según la masa muscular implicada.

- RB I es una resistencia básica, *neutral frente a la actividad (independiente del deporte)*.
- Se basa sobre todo en el *aprovechamiento económico* de la capacidad aeróbica existente de un nivel mediano (VO₂máx.rel. de unos 45-55 ml/kg/min).
- Se trata de —según nomenclatura médico-deportiva— la *resistencia aeróbica-dinámica general de medianas exigencias* a la capacidad (aproximadamente 60-75% del VO₂máx.).
- Nos encontramos frente a una *situación estable del metabolismo aeróbico* con velocidades subcríticas (por debajo de 3 mmol/l de lactato), es decir en el *ámbito del umbral aeróbico y en la parte inferior del cambio aeróbico-anaeróbico* (2-3 mmol/l de lactato).
- Los *sistemas orgánicos* en acción (sobre todo el sistema cardiovascular, sistema nervioso vegetativo, sistema endocrino) se coordinan todavía en su mayor parte a través de la *autorregulación aislada* (NEUMANN/BEYER, 1981, 296). El centro de control integrador del sistema nervioso central todavía no se necesita.
- Su desarrollo *no depende de ejercicios muy concretos* sino que se puede adquirir con ejercicios generales.

- Existe una *elevada transferencia* (= *transfer positivo*) entre distintas actividades (deportes, modalidades deportivas).

Sus finalidades son ante todo:

- mantener o recuperar la *salud o bien la capacidad físico-motriz general*,
- crear en los deportes que no sean de resistencia una buena *base* (estado de fitness) para el *entrenamiento de otras capacidades de condición física y de coordinación*,
- *incrementar la resistencia frente a las cargas* en entrenamiento y competición (= soportar mejor cargas elevadas en entrenamiento y competición),
- *acelerar la recuperación* después de cargas cortas máximas y submáximas igual que después de un volumen elevado de cargas globales (sesiones de entrenamiento),
- hacer *más soportable* la carga *psíquica*.

Resistencia de base I =

- *resistencia aeróbica general en un nivel de cargas de mediana intensidad*
- a una *capacidad aeróbica mediana* ($VO_{2\text{máx. rel.}}$ de unos 45-55 ml/kg/min)
- uso *económico* de esta capacidad (nivel del umbral anaeróbico a un 70-75% del $VO_{2\text{máx.}}$)
- *situación estable del metabolismo aeróbico* (valores de lactato inferiores a 3 mmol/l)
- *polivalente* (= independiente del deporte).

Resistencia de base II (RB II)

- La RB II es aquella *resistencia relacionada con la estructura motora específica* (gesto deportivo) en la que se basan tipos específicos de resistencia.
- Sus fundamentos son una *elevada capacidad aeróbica* ($VO_{2\text{máx. rel.}}$ como mínimo entre 60-65 ml/kg/min) y una *economía estable del movimiento* (técnica motriz).
- Se trata de -según nomenclatura médico-deportiva- la *resistencia aeróbico-dinámica general de exigencias submáximas* a la capacidad (aproximadamente 75-80% del $VO_{2\text{máx.}}$).
- Nos encontramos frente a una *situación mixta aeróbico-anaeróbica*

del metabolismo con velocidades críticas y subcríticas (lactato entre 4 y 8 mmol/l), es decir *en o por encima del umbral anaeróbico*.

- Otros factores decisivos para el rendimiento son, además de la capacidad aeróbica, ciertas participaciones de la *fuerza y de la velocidad*.
- Los sistemas orgánicos en fuerte acción se coordinan a través del *centro de control central e integrador* del sistema nervioso central (= instancia integradora).
- Su desarrollo *depende de la actividad* (el movimiento de la modalidad concreta o bien ejercicios de estructura parecida).
- *No es transferible o sólo en pequeña medida* a otras modalidades de resistencia (transfer no positivo en circunstancias incluso negativo).
- Requiere una *disposición al esfuerzo* adaptada a la intensidad (fuerza de voluntad).

Sus finalidades son, además de algunas de la RB I:

- crear la *adaptación general del cuerpo en global* a los *esfuerzos específicos de las modalidades de resistencia*,
- establecer una *base de partida elevada* para el *entrenamiento de la resistencia específico*,
- producir también *adaptaciones musculares* (concretamente de la coordinación intermuscular, dinámica muscular, aporte energético), además de la mejora de los sistemas regulados vegetativamente,
- activar nuevas *reservas* para mayores incrementos del rendimiento,
- *economizar la técnica deportiva* (movimientos específicos),
- aumentar la fuerza de voluntad (capacidad de aguante) e *incrementar globalmente la tolerancia psíquica frente al esfuerzo*.

Resistencia de base II =

- *resistencia aeróbica general en un nivel submáximo*
- con *elevada capacidad aeróbica* ($VO_{2\text{máx. rel.}}$ superiores a 60 ml/kg/min)
- *aprovechamiento óptimo de esta capacidad* (75-80%)
- *metabolismo mixto aeróbico-anaeróbico* (lactato de 4-6 mmol/l)
- *específica para cada actividad* (= ligada a la modalidad).

Resistencia de base acíclica (RB ac.)

- La resistencia de base acíclica es aquella capacidad de resistencia que se *requiere en deportes colectivos y de lucha* (por ejemplo, fútbol, hockey sobre hielo, baloncesto, o bien boxeo y lucha).

- Se caracteriza por un *cambio irregular de las intensidades de carga*: fases cortas de carga *máxima* (pocos segundos), cargas *medianas* hasta *submáximas* más prolongadas (segundos hasta minutos) y *pau-sas con recuperaciones relativas* se alternan.
- El *volumen total* de las cargas interválicas es *elevado*.
- Existe un *cambio constante* entre situaciones metabólicas *anaeróbico-alactáida, anaeróbico-lactáida y aeróbica*, predominando la última. Los *valores de lactato sanguíneo* en los deportes colectivos (por ejemplo, fútbol, hockey sobre hielo, balonmano) tienen un promedio de lactato no superior a 6-8 mmol/l (LIESEN, 1983, 27).
- Se apoya en una *capacidad aeróbica por encima del promedio* ($\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ en unos 55-60 ml/kg/min) y en la *capacidad anaeróbico-alactáida* (depósitos de fosfato), incluyendo una rápida recuperación.
- Las *reservas de glucógeno* no son de poca importancia cara a la repeti-tiva movilización de la producción de lactato a corto plazo.
- Se nutre de una *movilización económica de las catecolaminas* (adrenalina, noradrenalina), es decir, de una menor activación de estas hormonas frente a la misma carga física y psíquica y en el manteni-miento de un suficiente nivel de catecolaminas durante el esfuerzo.
- Su desarrollo está ligado a *cargas de tipo interválico* y al *cambio de formas motrices* (por ejemplo, sprint, marcha, trote, saltos, lanza-mientos, mantener una carga).
- La *transferencia dentro de los deportes colectivos o de lucha es relativa-mente elevada* (= transfer positivo), pero es baja para deportes cíclicos de resistencia.

Sus finalidades son, además de las de RB I o bien II:

- crear la base para un entrenamiento amplio de la técnica y de la táctica,
- incrementar la capacidad de recuperación durante las fases de baja carga durante la competición,
- incrementar la tolerancia psíquica frente al esfuerzo.

Resistencia de base acídica (resistencia en juego y lucha) =

- resistencia aeróbica general con cargas de intensidad mediana a submáxima y cambio interválico de las cargas
- capacidad mayoritariamente aeróbica ($\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ entre unos 55-60 ml/kg/min)
- cambio constante de metabolismo mixto aeróbico-anaeróbico (promedio de 6-8 mmol/l lactato sanguíneo)
- alternancia de las actividades (diferentes formas de movi-miento).

Resistencia de duración corta (RDC, 35 seg-2 min.)

El encuadre temporal se refiere al ámbito de *predominio de la vía energética anaeróbico-glucolítica* para el trabajo muscular por realizar.

En las tareas de resistencia que duran entre 8-30 seg *predomina la parte alactáida* (degradación de fosfatos) de la vía anaeróbica, siendo un factor decisivo para el rendimiento que alcanza la misma importan-cia que la fuerza dinámica, la velocidad de contracción, la coordinación intermuscular, la flexibilidad y características antropométricas; todo ello tiene sus consecuencias para la metodología del entrenamiento. Estas capacidades llamadas resistencia de sprints y de fuerza máxima se encuadran mejor dentro del ámbito de la velocidad o bien de la fuerza.

Los factores decisivo para el rendimiento de tipo RDC siguen un cierto orden de preferencia debido al *desgaste energético por cada uni-dad de tiempo relativamente elevado* (un promedio de 60 kcal/min o 250 kJ/min):

- *Capacidad de un elevado abastecimiento con energía por tiempo* a tra-vés de la *degradación de fosfato y la glucólisis anaeróbica* (formación de lactato). Esto requiere a su vez un *gran depósito de fosfocreatina y elevada disposición de enzimas de la glucólisis* (enzima clave: fosfo-fructokinasa, FFK). El tamaño del depósito muscular de glucógeno es generalmente insignificativo, puesto que durante una sola carga de duración corta (competición) aún no se vaciarán los depósitos de glu-cógeno.
- *Capacidad de soportar una sobreacidez posterior* a pesar de la constan-te producción de lactato. Esto depende del *sistema de amortigua-miento a nivel de célula y sangre* (ante todo, el bicarbonato).
- *Tolerancia a la acidez* como capacidad para seguir con el trabajo muscular a pesar de la sobreacidez. Sabemos que se produce una acu-mulación máxima de lactato en la célula muscular y posteriormente en la sangre (22-25 mmol/l). La misma es más importante durante *cargas superiores a 90 segundos* que entre 35 y 60 segundos.
- La *capacidad aeróbica* que se requiere para asegurar el rendimiento. El alcance funcional del sistema cardiovascular se agota temporal-mente; el metabolismo aeróbico alcanza su máximo entre los 90 se-gundos y los 2 minutos. Además de la *eliminación de sustratos* es también importante la *de los residuos metabólicos*.
- El nivel de la velocidad o bien de la fuerza, puesto que las veloci-dades de movimientos o bien las resistencias a superar provocan *mo-mentos de fuerza relativamente elevada y cargas específicas para los tipos de fibras* (fibras FTG y FTO esenciales en determinadas circuns-tancias).
- Técnica motriz en el sentido de la *coordinación intermuscular* cuando la naturaleza del gesto deportivo esté difícil (por ejemplo, patinaje ar-

tístico, remo, natación). Sabemos que el grado de excitación de la musculatura agonístico-antagonística influye mucho en la economía motriz y así en el cansancio.

- *Nivel de activación psíquica*, puesto que para el esfuerzo en cuestión se requiere una *movilización considerable de las hormonas de estrés* (adrenalina, noradrenalina).

Resumiendo brevemente:

Factores decisivos para el rendimiento de RDC (35 seg-2 min):

- capacidad para formar lactato (glucólisis anaeróbica)
- capacidad de amortiguamiento
- tolerancia de la acidez
- capacidad aeróbica
- nivel de velocidad o bien de la fuerza
- técnica motriz (coordinación)
- nivel de activación psíquica (liberación de catecolaminas)

Resistencia de duración mediana (RDM, 2-10 min)

Las exigencias a la RDM son mucho más variadas y complicadas, puesto que la *intensidad todavía máxima* (referente al sistema cardiovascular) afecta tanto a la *capacidad aeróbica completa* como a la *capacidad anaeróbica casi completamente*. Desde luego existen predominios dentro de la relación global de 50:50 (anaeróbico:aeróbico) hacia un lado (cerca de los 2 minutos:65:35) y hacia otro (cerca de los 10 minutos:35:65), lo cual depende además del nivel de entrenamiento (fig. 41).

Algunos autores (entre otros, BADTKE, 1987, THIESS/SCHNABEL, 1986) dividen también por estas razones en RDM y RDM I (2-5 minutos) y RDM II (5-10 minutos). Esto no es necesario, desde nuestro punto de vista, ya que el estudio de la carga típica de RDM (7 minutos de trabajo máximo en el remo-ergómetro, ROTH y cols., 1983) dio como resultado que el cubrimiento energético fue del 67% aeróbico, 20% anaeróbico-alactácido y 12% anaeróbico-lactácido. Durante la prueba se registraron 13 mmol/l de lactato sanguíneo. Esto es un ejemplo de cómo las *cargas específico-deportivas pueden desviarse de la situación promedio válida para los deportes en general*. La metodología del entrenamiento más complicada para la RDM ha de tener en cuenta estas diferencias en los porcentajes energéticos.

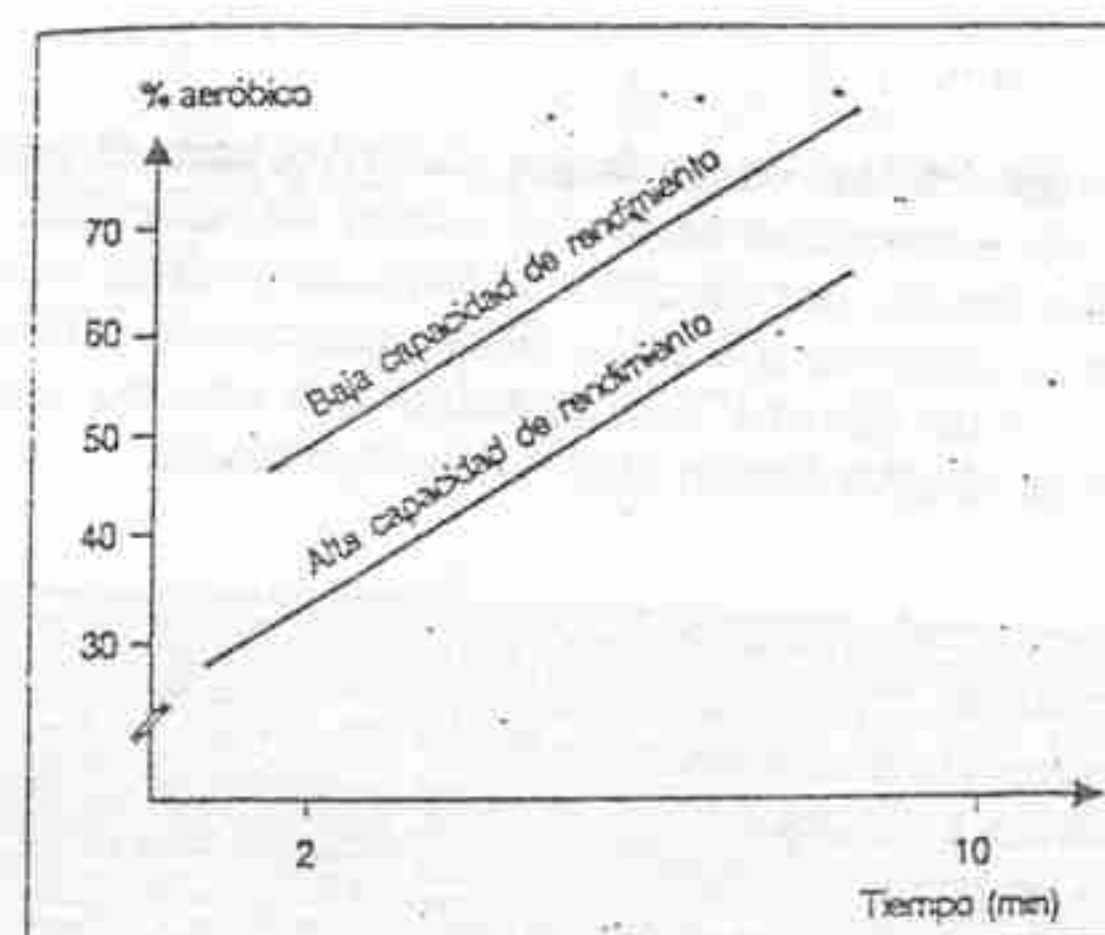


FIGURA 41: Diferencias de participación de la vía aeróbica (en %) para asegurar un rendimiento en el ámbito de la RDM en no entrenados (baja capacidad de rendimiento) y en entrenados (alta capacidad de rendimiento) (según BADTKE, 1987, 359).

Los factores determinantes para el rendimiento son:

- *Capacidad aeróbica (VO_{2max})*

Se emplea *plenamente* lo que demuestran los valores de VO_{2max} rel. de deportistas de RDM de nivel internacional (para corredores atléticos de 1.500/3.000 m: 75 ml/kg/min según SVEDENHAG/SÖDIN, 1984, 255; para remeros y piragüistas existen promedios de 73-75 ml/kg/min y máximos alrededor de 79 ml/kg/min según HOLLMANN/HETTINGER, 1980, 375). El *porcentaje del transporte de oxígeno* (volumen minuto cardíaco) debe ser en este contexto *más significativo* que el aprovechamiento de oxígeno a nivel de la musculatura esquelética.

- *Tolerancia para el lactato*

Es más importante en el ámbito del rendimiento anaeróbico que, por ejemplo, la capacidad de producir mucho lactato (= velocidad de la glucólisis), puesto que, *teniendo en cuenta la duración de la carga, siempre se acumulan elevadas o máximas cantidades de lactato* (13-19 mmol/l) y además no se puede mantener la glucólisis al 100% durante más de 4 minutos. Hemos de calcular con su reducción al 70-80% si se prolonga la carga (5-10 minutos).

- *Glucógeno muscular*

Por la todavía elevada necesidad energética por unidad de tiempo (45 kcal/min o 190 kJ/min) sólo se utiliza el *depósito de glucógeno durante el proceso anaeróbico y aeróbico*. A pesar de agotarse bastante, *nunca se vacía del todo* (previamente aumentado a través del entrenamiento), debido al poco margen de tiempo (ROTH y cols., 1983, 107).

• *Técnica motriz*

Adquiere diferentes acentos como factor decisivo para el rendimiento en función de porcentajes de fuerza o bien de velocidad. En una carrera de medio fondo, por ejemplo, el porcentaje de la velocidad puede influir en la composición de las fibras musculares (diferenciación en dirección de las fibras FTO), mientras que esto no ocurre en las modalidades de mayor fuerza (por ejemplo, remo).

Resumiendo brevemente:

Factores decisivos para el rendimiento de RDM (2-10 min):

- capacidad aeróbica (VO₂ max.)
- tolerancia para el lactato
- depósitos musculares de glucógeno
- nivel de la fuerza o bien velocidad dentro de la técnica motriz

Resistencia-velocidad, resistencia-fuerza

Tal como ya indicamos en la tabla 9, los conceptos de *resistencia-velocidad* y *resistencia-fuerza* existen como tal dentro de nuestra estructuración, pero no se describen como tipos de resistencia específicos y autónomos. Debido a la velocidad de movimiento relativamente elevada o bien la fuerza relativamente alta que se emplea, nos encontramos frente a intensidades de carga muscular que, en función de los procesos metabólicos requeridos, sólo se pueden mantener en los *ámbitos temporales de la RDC y RDM*.

La *resistencia-velocidad* y la *resistencia-fuerza* son por lo tanto rendimientos de RDC o RDM. En consecuencia también serán relevantes los factores decisivos para el rendimiento citados en aquellos ámbitos, pero en un grado que varía con las particularidades de cada modalidad deportiva. Todo esto sólo será cierto si interpretamos estos conceptos de la siguiente forma:

Resistencia-velocidad = resistencia frente al cansancio en cargas de velocidad submáxima obteniendo el componente anaeróbico-láctico para la energía un papel decisivo (RDC) o bien importante (RDM).

Observación: La resistencia frente al cansancio en velocidades máximas de movimiento predominando el ámbito energético anaeróbico-alactácido entre los 8-30 seg se denomina en nuestro contexto como resistencia en sprints. Encaja desde el punto de vista metodológico más en la temática de la velocidad, por lo que no profundizaremos más en ello.

Resistencia-fuerza = resistencia frente al cansancio en cargas de fuerza del 75 al 50% aproximadamente (dinámicas) o bien del 30% (estáticas) de la fuerza máxima siendo importante en el ámbito energético el componente anaeróbico-láctico.

Observación: El concepto no diferenciado de la *resistencia-fuerza* abarca toda una gama de capacidades que en parte pueden ser muy dispersas. No se puede negar desde el punto de vista teórico y en base a estudios experimentales (PACH, 1990) en cuanto a la metodología del entrenamiento, una subdivisión en «*resistencia de fuerza máxima*», «*resistencia-fuerza láctica*» y «*resistencia-fuerza aeróbica*». El concepto de resistencia-fuerza antes definido se refiere solamente a la «*resistencia-fuerza láctica*». La «*resistencia-fuerza*» se ubica en cuanto a la metodología de entrenamiento en el ámbito de la fuerza. La «*resistencia-fuerza aeróbica*» pertenece al entrenamiento de la RDL.

Resistencia de duración larga (RDL, >10 min)

La subdivisión de la RDL en los subgrupos I, II, III, IV resultó muy útil para el deporte de rendimiento, dado que los entrenados realmente son capaces de realizar las intensidades correspondientes a lo largo de los tiempos indicados, lo que da pie a diferentes centros de interés metodológico en el entrenamiento. No obstante, esta diferenciación no se puede mantener en el deporte de higiene y de fitness (deporte escolar), puesto que no o poco entrenados sólo podrán mantener intensidades medias (igual que en RDL III y RDL IV) al cabo de una cierta carga prolongada (15-20 minutos). Esto nos lleva al entrenamiento de resistencia de base.

La base biológica global para la RDL es la capacidad de captación de oxígeno y la máxima economía posible de los depósitos energéticos hidratos de carbono y grasa. Según la intensidad característica de cada uno de los tipos de RDL existen, desde luego, diferencias. La economía del movimiento como capacidad para realizar un trabajo con un alto grado de efectividad es además un factor esencial de la capacidad de resistencia.

Su importancia es, sin embargo, mayor para intensidades bajas hasta medianas (RDL IV y III) que para las submáximas (RDL II y I) y máximas (RDM, RDC). Esto se debe de tener generalmente en cuenta.

Resistencia de duración larga I (RDL I, 10-35 min)

Son decisivos para el rendimiento:

- **La capacidad aeróbica en forma de un elevado $VO_{2\text{máx}}$.**
A pesar de que incluso los atletas de clase mundial ya no estén capacitados de emplear su pleno $VO_{2\text{máx}}$ a lo largo de todo el esfuerzo (más de 10 minutos), se trabaja con un *esfuerzo casi máximo* (90-95% $VO_{2\text{máx}}$). El sistema cardiovascular se ejerce fuerte y continuamente (FC hasta 190/min). Los promedios del $VO_{2\text{máx,rel}}$ (75-80 ml/kg/min en corredores de 5.000 y de 10.000 m, 70 ml/kg por min en corredoras de esquí de fondo, según SVENHAG/SÖDIN) y los extremos de algunos deportistas de élite ($VO_{2\text{máx,rel}}$ superior a 80 ml/kg/min) demuestran su importancia.
- **Nivel del umbral anaeróbico (UA)**
Adquiere importancia, sobre todo en el ámbito superior de la RDL I, además del $VO_{2\text{máx}}$, puesto que la constante aplicación de un alto porcentaje de $VO_{2\text{máx}}$ puede mantener baja la parte energética de tipo anaeróbico. Pero aún no tiene tanto valor que en el ámbito de la RDL II y III. El nivel del umbral anaeróbico de deportistas de RDL I se sitúa alrededor del 80% del $VO_{2\text{máx}}$.
- **Tolerancia para acidez frente a valores medianos de lactato**
El porcentaje de la participación anaeróbica entre el 20-30% provoca una concentración constante de *lactato sanguíneo* de unos 10 mmol/l. Ésta aún se puede incrementar por encima de la media hasta 5-6 mmol/l (en los 1.000 m de patinaje realizados en 15,33 minutos, por ejemplo, hasta 13 mmol/l) durante aumentos breves de la intensidad (sobre todo en el sprint final). Sin embargo, existen diferencias entre los rendimientos en el ámbito inferior de la RDL I (hasta 15 minutos) y el superior (más de 25 minutos). Los valores finales de los fondistas de 10.000 m (27-28 minutos) sólo son de 7-8 mmol/l. Los valores de lactato registrados y el hecho que apenas se observa diferencia entre deportistas de RDL I y no entrenados en cuanto a la actividad enzimático-glucolítica (COSTILL y cols., 1973) indican que para la *capacidad anaeróbica* no es decisiva la capacidad de producir mucho lactato, sino que la *tolerancia para la acidez frente a valores medianos hasta elevados de lactato* (8-15 mmol). También tiene importancia (por ejemplo, en el esquí de fondo) la capacidad de eliminar acumulaciones mayores de lactato (15-18 mmol/l) durante el ejercicio en fases de carga menos intensas (por ejemplo, descenso o recorrido plano con empuje de ambos palos).

• Depósitos de glucógeno

La base energética para rendimientos de RDL I es en su mayor parte (90%) el *glucógeno* (glucógeno muscular, en poca medida también el hepático). El *flujo energético procedente de la oxidación de grasas es demasiado bajo* debido al desgaste energético/unidad de tiempo que es relativamente elevado (28-30 kcal/min). Las concentraciones de lactato superiores a 8 mmol/l suprimen además la lipólisis (= efecto antilipolítico del lactato, según BOYD y cols., 1974). Las necesidades energéticas totales en el ámbito temporal de la RDL I se limitan a los 500-750 kcal (2.000-3.000 kJ). Con ello se vacían bastante los depósitos de glucógeno muscular de los músculos en acción, sin llegar a gastarlos del todo. El efecto para el rendimiento se ha de considerar en este sentido.

Resumiendo brevemente:

Factores decisivos para el rendimiento de RDL I (10-35 min):

- capacidad aeróbica ($VO_{2\text{máx,rel}}$ elevado)
- nivel del umbral anaeróbico
- tolerancia de acidez frente a valores de lactato medianos
- depósitos de glucógeno (sobre todo glucógeno muscular)

Resistencia de duración larga II (RDL II, 35-90 min)

Para cargas de una hora y media de duración todavía encontramos la relación aeróbico-anaeróbica típica de 80:20 hasta 90:10 a pesar de que el cambio desde la RDL I (70:30) sea fluido a nivel energético. Aparte de ello se resalta en una comparación con la RDL I sobre todo la *intensidad de carga submáxima* (hasta 179 FC/min) y una mayor *orientación aeróbica de la musculatura esquelética*. Los rendimientos de RDL II se realizan con mayor base en las fibras-ST. El porcentaje de las *fibras-ST* de representantes típicos de esta resistencia se sitúa en 70-80% (deportistas de RDL I: 60-70%). Las fibras-FT también muestran adaptaciones en sentido aeróbico (fibras-FTO, 50%; FTG, 50%).

Concretamente son decisivos para el rendimiento:

- **Nivel del umbral aeróbico (UA)**
El $VO_{2\text{máx}}$ tiene en principio aún una importancia decisiva. Pero puesto que lo característico y esencial sea el *soportar intensidades de carga submáximas* (80-85% del $VO_{2\text{máx}}$), no se requiere tanto la total amplitud funcional del sistema cardiovascular sino su fidelidad reguladora. En este contexto resulta evidente la función del umbral

anaeróbico. Los $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ típicos de especialistas de RDL II (corredores de 16 km, 25 km: 66-70 ml/kg/min) y los correspondientes umbrales anaeróbicos más elevados (80-85% $\text{VO}_2\text{máx.}$) fundamentan el desplazamiento de los dos factores decisivos para el rendimiento en comparación con la situación en el ámbito de la RDL I. Casos aislados de requerir el 95% del $\text{VO}_2\text{máx.}$ con frecuencias cardíacas de 180-185/min son excepciones que reafirman la regla.

- *Depósitos de glucógeno*

Como fundamento energético en rendimientos de RDL II ya no llega el glucógeno muscular. Con el mayor tiempo progresivo de carga se moviliza el glucógeno hepático y se introduce en la célula muscular para ser usado. Las necesidades energéticas pueden alcanzar las 2.400 kcal (10.000 kJ), lo que ciertamente no puede ser cubierto por los sustratos musculares. Se sigue insistiendo en la enorme importancia de mayores depósitos musculares de glucógeno debido a la realidad fisiológica de que la asimilación de azúcar procedente de la sangre por la célula muscular alcanza su valor máximo a un 60% del $\text{VO}_2\text{máx.}$ La cantidad de glucógeno movilizable es inferior frente a intensidades superiores, tal como suelen estar presentes en la RDL II, y a su paso por la pared celular vuelve a ser inferior. A consecuencia, una cantidad inicial de menos de 15 g de glucógeno/kg del músculo puede limitar el rendimiento competitivo. La glucólisis anaeróbica se requiere constantemente en bajo grado (el lactato en el promedio de la intensidad puede superar los 5-6 mmol/l) y también es más intensa durante pocos instantes (por ejemplo, en maniobras tácticas de la velocidad y en caso de cambio de intensidad provocado por el terreno), lo que demuestra valores de lactato de 6-8 mmol/l (en casos singulares, hasta 10 mmol/l). No obstante, ya no entra en función como factor delimitador del rendimiento.

- *Oxidación de grasas y gluconeogénesis*

El porcentaje de la oxidación de grasas en el contexto aeróbico puede aumentarse hasta un 20%, trabajando a un 80% del $\text{VO}_2\text{máx.}$ De ello se desprende una cierta importancia del metabolismo de las grasas, concretamente para proteger inicialmente las reservas de glucógeno. Si después de una carga de una hora, aproximadamente (disminución del glucógeno) todavía se mantienen intensidades por encima del umbral anaeróbico, el organismo se abastecerá de una mayor gluconeogénesis (producción de azúcar en base a aminoácidos, procedentes de la disociación de proteínas), en vez de incrementar la oxidación de grasas. Todo esto ocurre evidentemente sólo en el organismo entrenado, con actividad correspondiente de las hormonas de la corteza suprarrenal y de la glándula tiroidea (por ejemplo, cortisona, tiroxina T_4).

- *Temperatura corporal*

La problemática de una limitación del rendimiento debida a una temperatura más alta del cuerpo procedente de la actividad muscular

mantenida sólo se presenta ampliamente en la resistencia de maratón. No obstante, una mayor temperatura corporal también se puede convertir en factor decisivo para el rendimiento en el ámbito de la RDL II en caso de condiciones climáticas desfavorables.

Resumiendo brevemente:

Factores decisivos para el rendimiento de RDL II (35-90 min):

- nivel del umbral anaeróbico (UAN)
- nivel del $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$
- depósitos de glucógeno (sobre todo el muscular)
- oxidación de grasas
- sobrecalentamiento (temperatura externa elevada).

Resistencia de duración larga III (RDL III, 90 min-6 h)

Los rendimientos competitivos en este ámbito se suelen absorber a intensidades de carga medianas, lo que requiere un gasto energético por unidad de tiempo de unas 20 kcal/min. El bajo flujo energético permite una mayor participación de la oxidación de grasas. Esto se refleja también en la musculatura esquelética. Las fibras-ST de contracción lenta ocupan un porcentaje muy alto (80-90%) en los maratonianos. Aportan casi exclusivamente el rendimiento. Además de esta diferencia frente a la RDL II entran también más en juego para la capacidad de rendimiento los problemas de la restitución de hidratos de carbono, de la pérdida de electrolitos/agua y de la hiperacumulación térmica (en determinados deportes).

Concretamente son decisivos para el rendimiento:

- *Nivel del umbral anaeróbico (UAN)*

Según estudios con maratonianos de élite mundial, la función de un $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ elevado pierde importancia frente a los valores extremadamente altos del umbral anaeróbico ($\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ de 69-73 ml/kg/min y nivel del UAN de 85-91% del $\text{VO}_2\text{máx.}$, según WYNDHAM, 1969 y COSTILL y cols., 1973). En estas condiciones se puede mantener todavía una buena velocidad con valores de lactato sanguíneo de 2-3 mmol/l. La glucólisis anaeróbica se requiere, según ello, muy poco. En cuanto se disponga aún de glucógeno al final de la carga, la glucólisis podrá activarse más, lo que produce valores de lactato finales de más de 4 mmol/l (6-8 mmol/l).

- *Oxidación de grasas*

La oxidación de grasas también adquiere importancia para los rendimientos de RDL III debido al elevado porcentaje de ácidos gra-

los libres dentro de la producción global de energía (30-70%). La oxidación de grasas hace principalmente bajar la intensidad de carga debido al bajo flujo energético (aproximadamente la mitad de la oxidación de glucógeno). El organismo, sin embargo, adopta fenómenos de adaptación frente a cargas correspondientes de forma que *frente a intensidades relativamente elevadas se implica todavía un porcentaje relativamente elevado de ácidos grasos libres* para producir energía. Ello es importante para proteger los depósitos de glucógeno. El *alto porcentaje de fibras-ST* en la musculatura posibilita esta elevada participación de la oxidación de grasas. El contenido de triglicérido es tres veces más grande en estas fibras que en las fibras-FT.

- **Depósitos de glucógeno y gluconeogénesis**

A pesar de que el flujo energético por unidad de tiempo esté muy bajo el desgaste energético total es muy alto entre los 90 min y las 6 h. Los 2.400 kcal (9.700 kJ) requeridos en 30 km de esquí de fondo y los 6.400 kcal (27.000 kJ) en una jornada ciclista (NEUMANN, 1983, 172) superan por mucho el contenido energético de todo el depósito de glucógeno de un entrenado. El rendimiento será por esto limitado no sólo por el *depósito de glucógeno muscular* sino que también por el *hepático*. Podemos *aumentar estos depósitos* a través de métodos específicos de entrenamiento. Por esta razón, no es ninguna rareza encontrar en los especialistas de RDL III (sobre todo ciclistas) aumentos de más del 100%, combinados con un marcado incremento del hígado. No obstante, se requiere una *ingestión de azúcar de forma líquida* (unos 50 g/h) durante el esfuerzo, si se quiere mantener una intensidad relativamente elevada.

La *gluconeogénesis* adquiere un papel más importante en los procesos metabólicos de cargas de RDL III que de RDL II. Esto significa que nos encontramos ante un *mayor transporte o bien degradación de proteínas*. En ocasiones se puede incrementar el aporte energético hasta en un 10% a través de la disociación proteica. Tanto la nueva formación de glucógeno (gluconeogénesis) como la estimulación de la oxidación de grasas (lipólisis) sólo se efectuarán evidentemente bajo la elevada liberación de hormonas suprarrenales (ante todo, cortisona, adrenalina y noradrenalina). La resíntesis de las cantidades de hormonas gastadas prolonga enormemente el proceso de recuperación después de las cargas de maratón (5-7 días).

- **Termorregulación y equilibrio electrolítico/acuático**

El *conservar la temperatura interna del cuerpo* (termorregulación) dentro de un *pequeño ámbito de tolerancia* (30-37 °C) tiene bastante importancia para mantener la capacidad de resistencia de maratón. La formación de calor como en el caso de rendimientos de RDL III significan concretamente cargas considerables para la circulación. Un maratón que requiere unos 3.000 kcal (12.500 kJ) produce en el cuerpo humano a la vez unos 2.000 kcal en forma de calor. Para evitar un sobrecalentamiento se ha de desviar este calor hacia el exterior

(radiación, transpiración). Para el *transporte calórico a través de la sangre hasta la piel* puede requerir *hasta el 15% de la totalidad del rendimiento cardiovascular*. Esto tiene un efecto negativo para la oxigenación de los músculos esqueléticos en acción. En relación con la termorregulación se producen evidentemente también *enormes pérdidas de sudor* (3-5 l), lo que interfiere notablemente en el balance acuático y electrolítico del organismo y que vuelve a delimitar el rendimiento. Las pérdidas de agua implican en primer lugar una *mayor viscosidad de la sangre*, las pérdidas electrolíticas (sobre todo, Na⁺, Cl⁻, K⁺, Mg) *perturban las funciones de conducción nerviosa y de los músculos*.

El *suministro de líquidos y electrolitos* (ante todo, NaCl) durante las cargas prolongadas se considera por eso imprescindible; aunque los entrenados en RDL muestren buenas adaptaciones a estos factores delimitadores del rendimiento.

Los especialistas en resistencia de maratón pierden, por ejemplo, menos sales a través del sudor, toleran mayores pérdidas de agua y disponen, después de perder agua, de sangre todavía poco viscosa. La ingestión de agua supone una disminución de la temperatura interna del cuerpo, siempre que ésta sea mayor debido al esfuerzo.

Resumiendo brevemente:

Factores delimitadores del rendimiento de RDL III (90 min-6 h):

- nivel del umbral anaeróbico
- VO₂ máx. rel.
- oxidación de grasas
- depósitos de glucógeno y gluconeogénesis
- sobrecalentamiento y pérdidas de electrolitos/agua

Resistencia de duración larga IV (RDL IV, > 6 h)

La separación entre una RDL IV y RDL III a menudo no se suele efectuar en la bibliografía sobre la teoría del entrenamiento. Queda por decidir si es estrictamente necesaria. Apenas resultan consecuencias metodológicas para el entrenamiento de ello. Los siguientes aspectos apoyan la existencia de una *ultra-RDL*, que se supone en rendimientos de una duración superior a 6 horas (por ejemplo, vueltas ciclistas, carrera de 100 km, triatlón) (NEUMANN, 1983, 169):

- Sólo un *suministro continuo de alimentos y líquidos* permite un rendimiento durante muchas horas. El gasto energético total supera las 6.500 kcal (27.000 kJ). La ingestión de hidratos de carbono es necesaria para evitar niveles bajos de azúcar sanguíneo y sus consecuencias.

- La *conservación del rendimiento* depende bastante de las interferencias en el *equilibrio acuático y electrolítico*. Se producen rápidamente desviaciones perturbadoras del rendimiento si se suministran concentraciones bajas o bien sobredosis de electrolitos; ya que se trata de cantidades superiores a 5-6 litros de líquidos.
- La *energía procedente de proteínas (gluconeogénesis)* alcanza volúmenes máximos. Los valores de urea del suero (4 mmol/l) posteriores a este tipo de carga demuestran que se alcanza el límite tolerable por el organismo en cuanto a la disociación de proteínas.
- El *aporte energético* en los rendimientos de ultra-RDL transcurre primordialmente a través del *metabolismo de grasas*. Porcentajes de grasa del 70-90% sólo son posibles degradando muchísimo el glucógeno muscular y hepático. Al inicio de un esfuerzo de ultra-RDL encontramos porcentajes entre oxidación de hidratos de carbono y de grasas del 50:50. Las grasas en sí proceden en su mayor parte de la sangre (tejido adiposo subcutáneo) y en un 25-30% de la grasa depositada en la célula muscular (= triglicéridos intracelulares).
- El *tejido ligamentoso y tendinoso sufre progresivamente* (por ejemplo, dolores en las inserciones tendinosas, rampas musculares), que pueden obligar a abandonar la prueba. La tolerancia al esfuerzo del aparato pasivo y activo de movimientos se supera debido a la suma de estímulos.
- El *gesto motriz monótono* se regula en el nivel más bajo de control (= a través de conexiones en la médula espinal), si ocurre bajo la influencia del cansancio (cansancio central). Se pierde la concentración en el gesto motriz.

Factores delimitadores del rendimiento de RDL IV:

- utilización de las grasas.
- equilibrio acuático/electrolítico
- suministro de hidratos de carbono
- resistencia del tejido ligamentoso y tendinoso.

Importancia de los tipos de resistencia en los diferentes ámbitos deportivos y deportes

El valor de las diferentes formas y tipos de resistencia dentro del *complejo total de la capacidad de rendimiento deportivo* varía según cada ámbito deportivo y deporte o bien modalidad deportiva. Informaciones exactas acerca de la importancia en el marco de otros factores decisivos para el rendimiento sólo se obtienen a través de un análisis exacto de las

modalidades deportivas y elaborando un perfil de exigencias. Existen inicios al respecto en la bibliografía científico-deportiva, pero aún falta un estudio consecuente que siga una sistemática unificada. Más detalles en este contexto superan el marco del presente libro.

En las tablas 30 y 31 se pretende dar una información globalizada.

En cuanto a la transcripción de los tipos específicos de resistencia a las modalidades deportivas hemos de remarcar que las *características de tiempo concretas* sólo sirven para las *modalidades cíclicas de resistencia* y que se debe prever una *modificación de la situación metabólica* siempre que se impliquen otros grupos musculares que en la carrera atlética (por ejemplo, en el esquí de fondo, remo, natación). Los siguientes ejemplos van a ponerlo en claro.

La natación se diferencia por la *posición horizontal del cuerpo*, el trabajo de otros grupos musculares, la influencia de *presión hidrostática y estímulo del frío*. Estudios (WEICKER, 1985) de los 100 m de sprint de natación (59 segundos) y de los 1.500 m (18:30 hasta 18:45 minutos) dieron como resultado que existe una clara diferencia metabólica entre estos rendimientos de RDC o bien de RDL y otros de carga temporal parecida en la carrera atlética. El *sprint de 100 m de nadar* debería corresponder en teoría a los 500 m lisos. La situación láctica (14 mmol/l), sin embargo, indica una *comparabilidad con los 100 m lisos* (es decir, menos lactato del esperado a pesar de la amplia degradación glucolítica). Los 1.500 m de nadar resultan ser una carga de resistencia no puramente aeróbica; en comparación a los 100 m se registraron elevados valores de lactato (7-8 mmol). Por esto se recomienda más una comparación —en cuanto al aporte de energía anaeróbico—

Tabla 30. La importancia de las formas de resistencia en diferentes ámbitos de aplicación.

	Deporte higiénico y preventivo	Fitness	Deporte de rendimiento			Edad juvenil
			Deportes de resistencia + fuerza resistencia	Deportes que no requieren resistencia	Deportes de juego colectivo y de lucha	
Resistencia de base I	xx	xx		x	x	xx
Resistencia de base II		x	xx			x
Resistencia de base acíclica		x		x	xx	x
Tipos específicos de resistencia			xx			

Tabla 31. Tipos específicos de resistencia en diferentes deportes y concentración media de lactato (en mmol/l) posterior a competiciones (según NEUMANN/SCHÜLER, 1989, 108).

	RDC		RDM		RDL							
	35 s-2 m		2-10 min		I 10-35 m		II 35-90 m		III 90-360 m		IV superior a 360 m	
	Lac		Lac		Lac		Lac		Lac		Lac	
Natación	100 m 200 m	18	400 m	16	1 500 m	12			Maratón	8	100 km	2
Carrera atlética	400 m 800 m	22 20	1 500 m 3 000 m Hi	20 16	5 000 m 10 000 m	16 14			Maratón	8	100 km	2
Ciclismo	1000 m	22	4000 m	20			30-50 km	10	120-200 km	4	250 km	2
Esquí de fondo					5,10 km	16	15 km	14	30, 50 km	8		
Patinaje de velocidad	500 m 1000 m 1500 m	22 20	3000 m 5000 m	16 14	1000 m	12						
Piragüismo	500 m F	14	1000 m	13			10 km	10				
Remo			500 m F 1000 m	14 15								
Marcha atlética							20 km	8	50 km	4		
Biatlón					7,5 km 10 km	16 14	20 km	12				

F = femenino. Hi = obstáculos.

glucolítica- con los 1.000 m atléticos (29:30 minutos, 7-8 mmol/l) que con una carrera de unos 6.500 (18:12, lactato superior a 14 mmol/l). Ello se explica por el predominio del trabajo de brazos en natación con menos músculos implicados que en la carrera atlética. La velocidad natoria no es tan elevada para requerir un mayor movimiento de piernas. Si se nada, por ejemplo, sólo con las piernas, se registran valores de lactato superiores que en la posición global de natación.

En el patinaje de velocidad se registran, por ejemplo, en la distancia de 5.000 m (en 7:36 minutos) valores de lactato alrededor de 15 mmol. Esto corresponde a las condiciones de la carrera atlética de 5.000 m (13:20 minutos) y no a los 3.000 m (7:30 minutos). Los 10.000 m de patinaje (15:33 minutos) equivalen aproximadamente a los 5.000 m atléticos. La razón es que con 15 mmol/l de lactato sanguíneo se debe alcanzar el límite para movimientos bien coordinados sobre patines. La capacidad anaeróbica no se agota del todo por esta razón. Además hemos de indicar que la masa muscular implicada es igual o superior y

que existe una cierta compensación con la baja velocidad de movimiento (frecuencia de pasos) y la fase tranquila de deslizamiento.

En el remo se registran valores de lactato de 15-17 mmol por litro de sangre en los 2.000 m de competición (7 minutos). Ello corresponde más o menos a los 2.500-3.000 m atléticos en 7-8 minutos (lactato casi igual). En este caso se debe producir una descompensación en cuanto a la cantidad de lactato entre valores teóricamente más elevados debido a la masa muscular más grande y la mayor fuerza por un lado y, por otro, los valores teóricamente más bajos debido a la menor velocidad de movimiento (frecuencia de remo).

En el esquí de fondo se registran valores de lactato de 12-14 mmol en distancias de 10-15 km (35-45 minutos). Estos valores son sensiblemente más elevados que en las distancias atléticas de igual tiempo. Los valores de lactato en el maratón de esquí (50 km) apenas superan el umbral anaeróbico (4 mmol/l). Para explicar las distintas condiciones metabólicas del esquí de fondo se han mencionado los siguientes aspectos: masa muscular más grande, frecuencia de movimiento inferior, grados irregulares de esfuerzo (cuesta arriba, cuesta abajo) y el cambio en la técnica de esquí.

En el triatlón debemos diferenciar actualmente ya en la adjudicación de los tipos específicos de resistencia (BREMER, 1990): RDL IV sólo encaja en el triatlón largo, mientras que para el triatlón mediano se observan las siguientes relaciones, siguiendo el orden de las modalidades: natación-RDL I, ciclismo-RDL III, correr-RDL II, y análogamente para el triatlón corto la RDL, I, RDL II, RDL I.

Metodología del entrenamiento de la resistencia

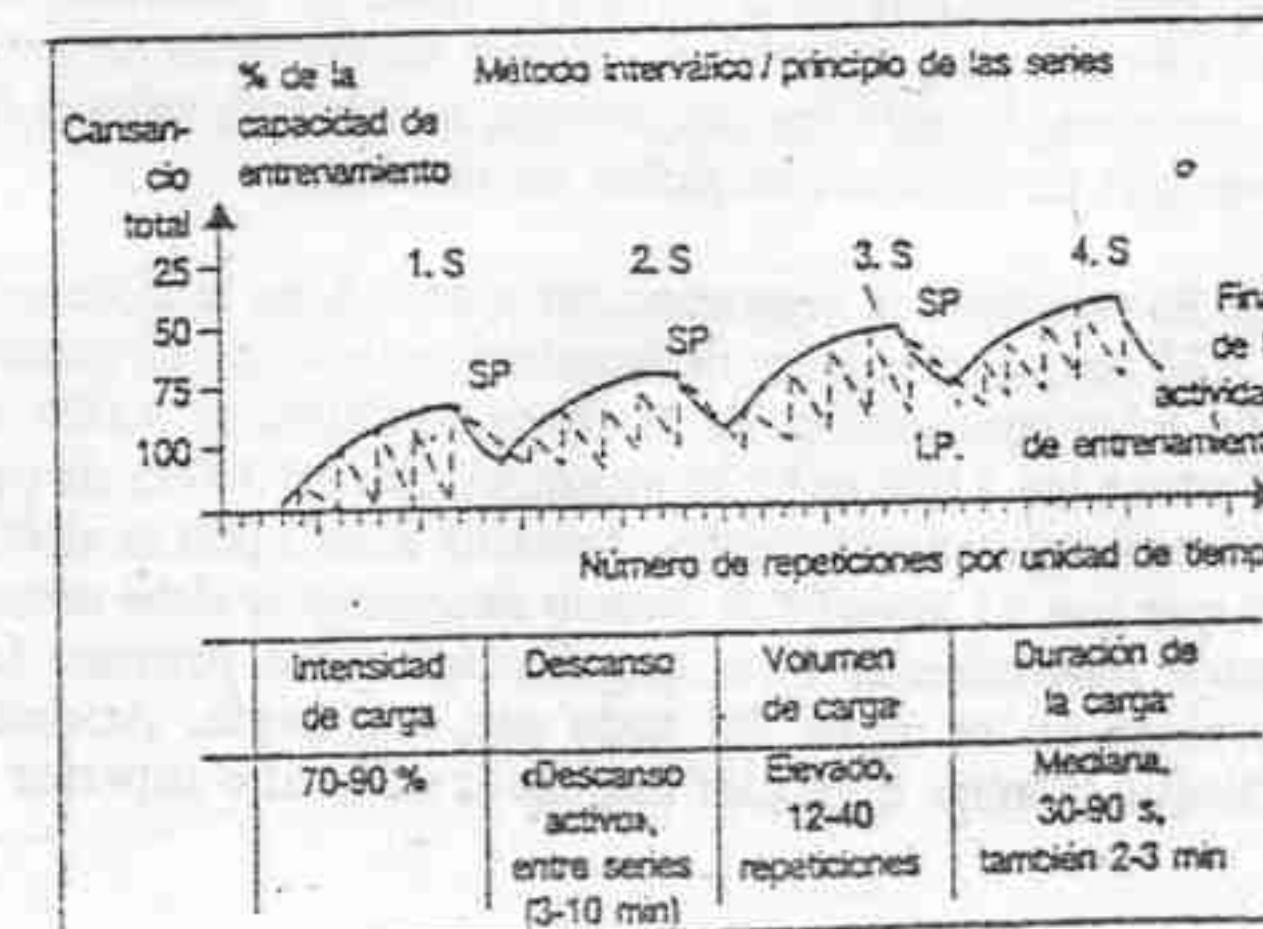
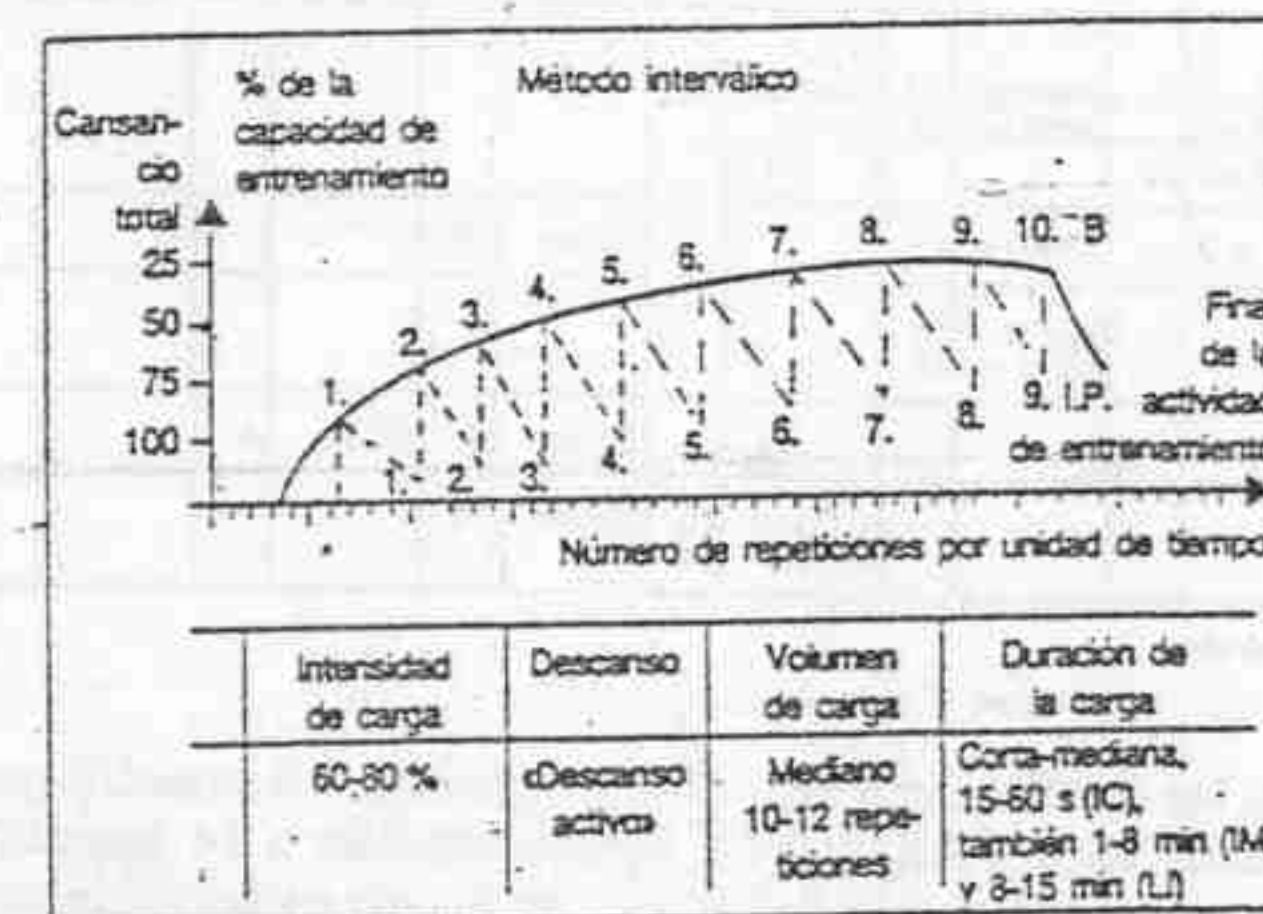
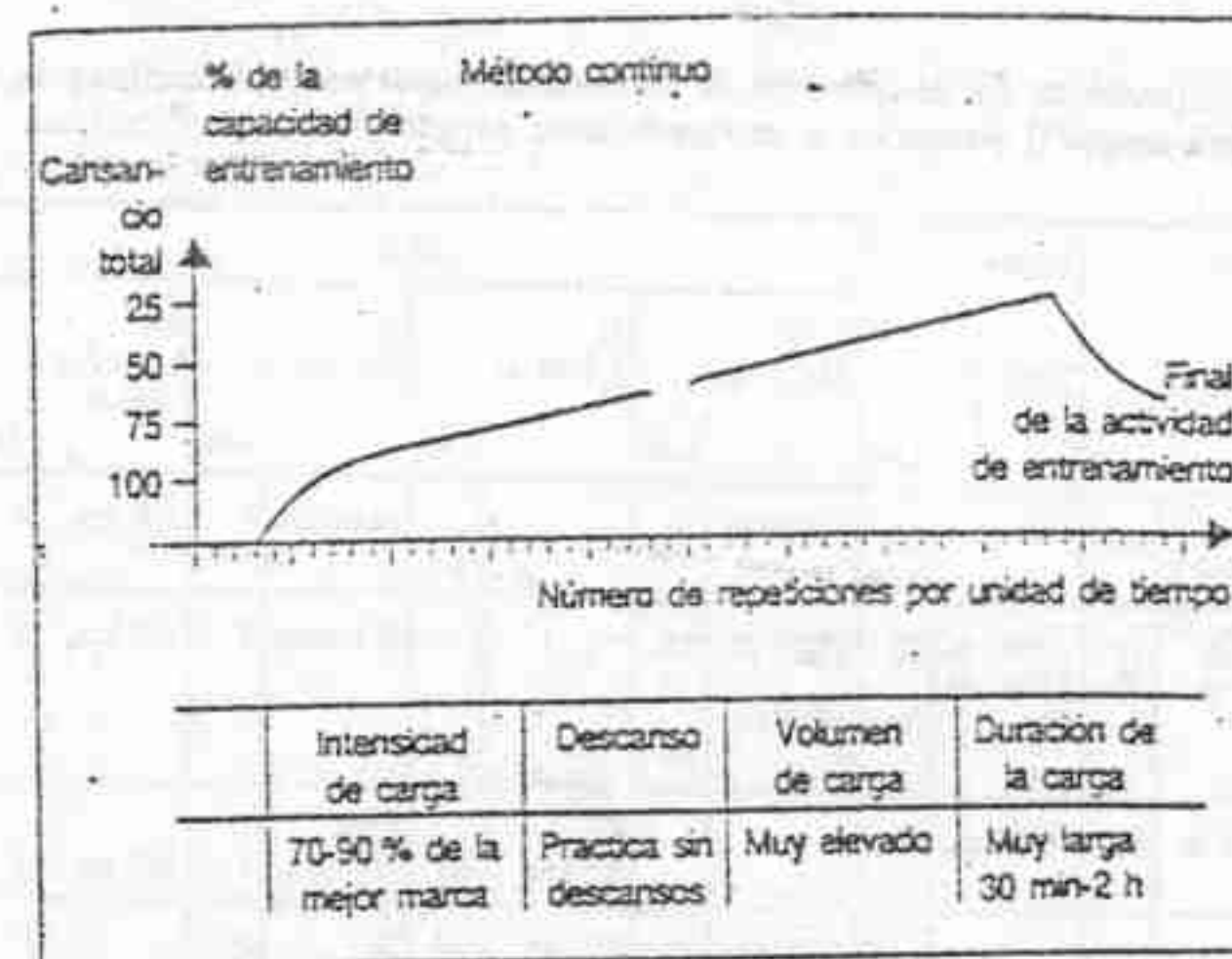
Para desarrollar la resistencia con sus diferentes formas y tipos y con las *exigencias orgánicas complejas* de cada caso concreto, se aplica sólo en casos excepcionales un único método de entrenamiento (eventualmente en el ámbito del entrenamiento para la salud). Normalmente sólo se alcanzarán los objetivos del entrenamiento de la resistencia (sobre todo en el deporte de rendimiento) a través de la aplicación de diferentes métodos de entrenamiento. Cada uno de los métodos para cargas de resistencia tiene, además de *efectos fundamentales*, sus *efectos específico-fisiológicos* que se deben de aprovechar en el momento oportuno. Cuanto más diferenciadamente se ha de proceder en cuanto a la metodología del entrenamiento, mayor importancia obtendrán las *variantes de los métodos fundamentales y las formas de entrenar*. Pero primero vamos a exponer los métodos de entrenamiento de la resistencia en sus fundamentos.

Métodos fundamentales

Podemos destacar *cuatro métodos fundamentales*. La figura 42 a-e (págs. 111 y 112) y las siguientes descripciones breves caracterizan sus formas de aplicación y sus mecanismos de funcionamiento.

Método continuo (fig. 43, p. 113)

Su aplicación consiste en una *carga ininterrumpida y efectiva para el entrenamiento* a lo largo de un tiempo prolongado (*continuous work*). El efecto del entrenamiento se basa primordialmente en la duración relativamente larga, durante la cual se efectúan constantemente procesos fisiológicos. Se consiguen *ejecuciones más económicas del movimiento y ampliaciones funcionales de los sistemas orgánicos*. Lo primero afecta más el ámbito del entrenamiento de-base y lo segundo el ámbito de desarrollo. A nivel coordinativo se consigue la *automatización del gesto motor aplicado* (esterotipo dinámico-motriz) y a nivel psíquico, un *acostumbramiento a la monotonía de trabajo*.



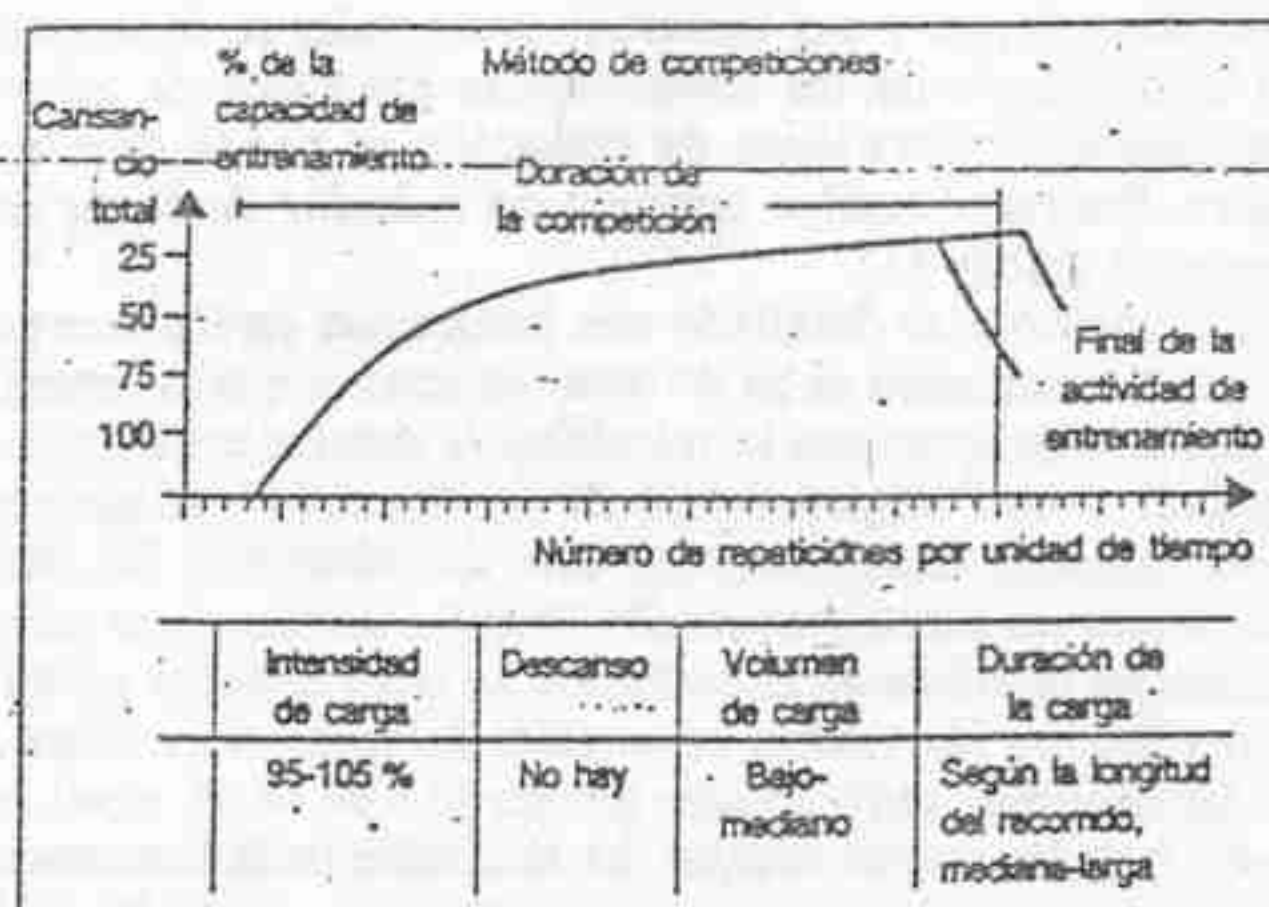
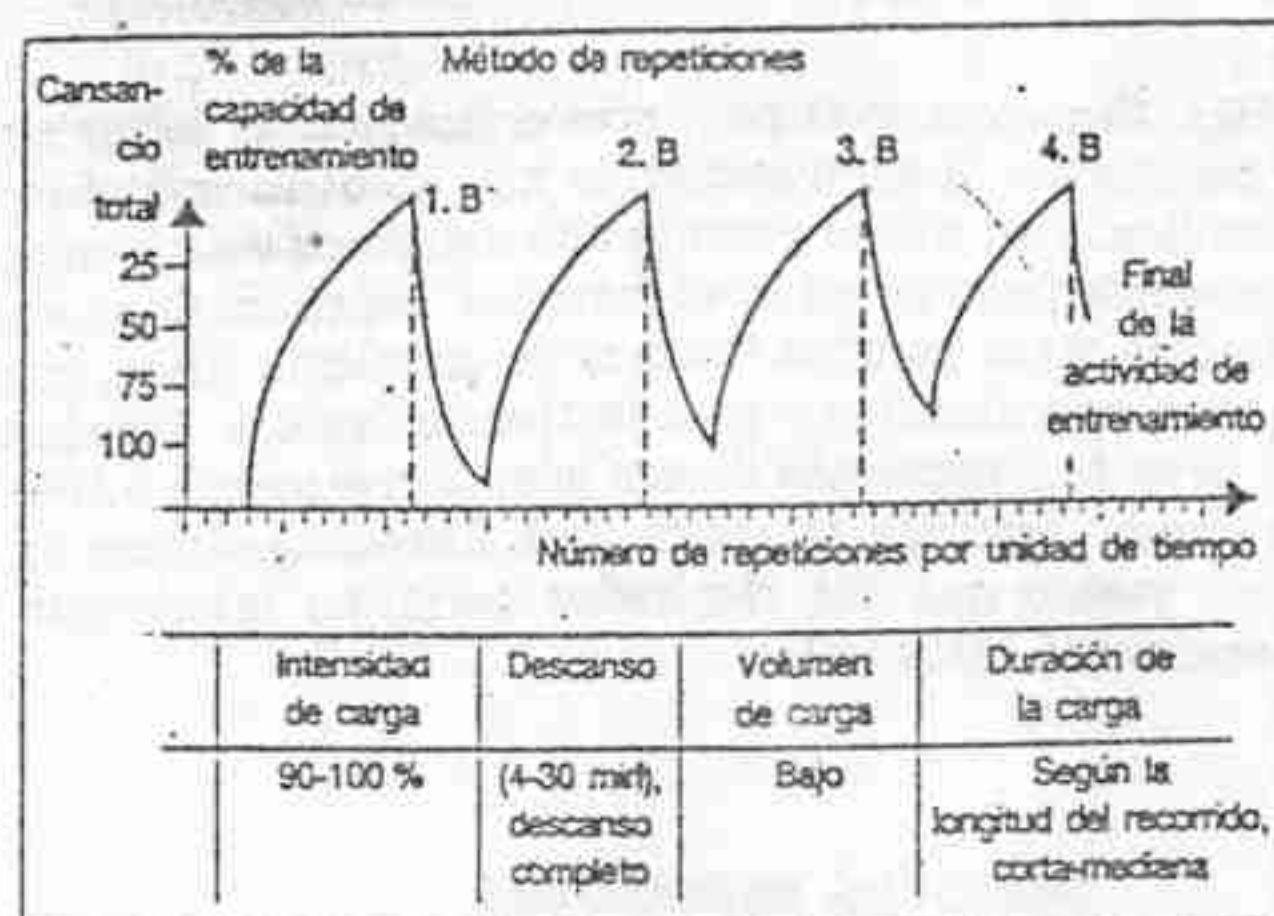


FIGURA 42 a-c: Comparación esquemática entre los métodos fundamentales de entrenamiento de la resistencia. S = serie, SP = descanso entre series, B = carga, v.P. = descanso completo, I.P. = descanso activo.

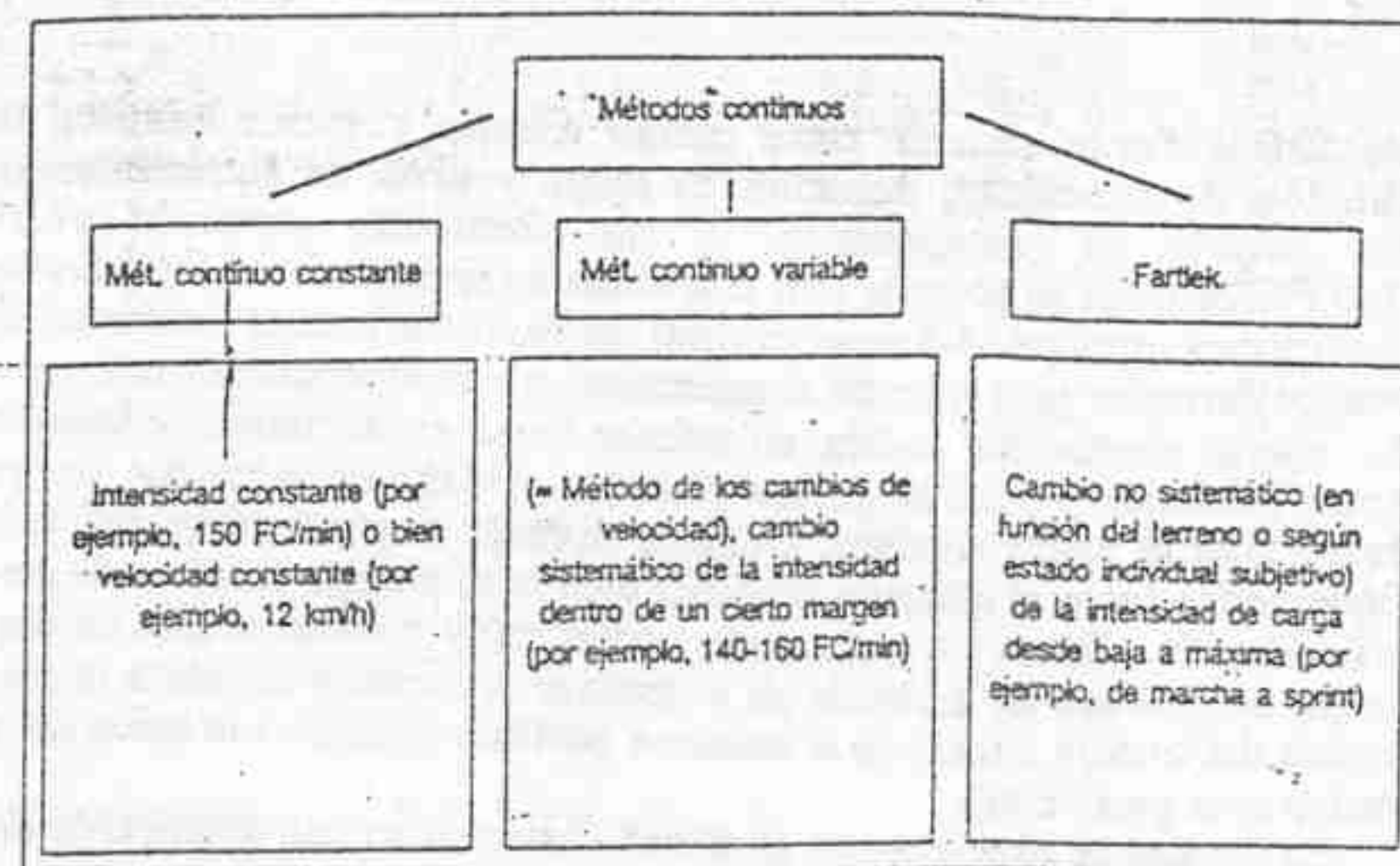


FIGURA 43: Variantes del método continuo.

Métodos interválicos (fig. 44)

La característica común de todas las variantes de los métodos interválicos es el *cambio sistemático entre fases de carga y de descanso (intermittent work)*. Durante el descanso no se alcanza una recuperación completa; existen *pausas incompletas (= «activas»)*. La duración de los

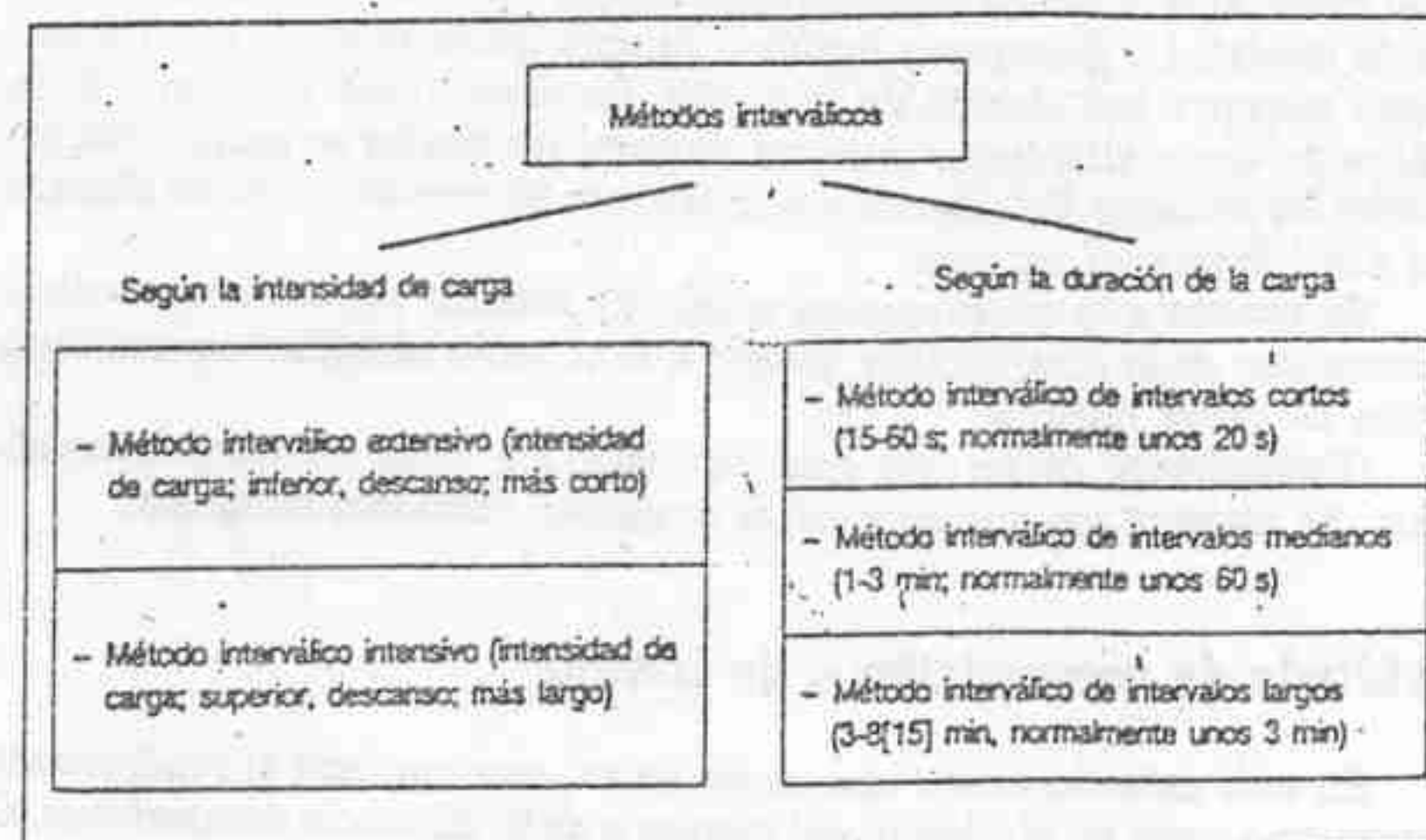


FIGURA 44: Variantes del método interválico.

descansos puede situarse entre medio minuto y varios minutos en función de intensidad, duración de carga y nivel de entrenamiento. El criterio de recuperación es la frecuencia cardíaca (120-130 FC/min). Si se procede con el sistema de series existen entre las series (compuestas por 4-6 repeticiones) las llamadas *pausas interseries de mayor duración* para retrasar el cansancio que se acumula rápidamente. La mayor efectividad radica en primer lugar en el frecuente cambio entre *iniciación y paro de la fase de carga*, y luego en la misma *fase de carga y en la pausa «activa»*. Durante la carga se produce un estímulo hipertrofico sobre el músculo cardíaco debido al *trabajo cardíaco de presión* (debido a la mayor resistencia periférica) y durante la fase de descanso se produce un estímulo de *ensanchar el corazón* debido a la presencia del *trabajo basado en el volumen cardíaco* (debido a la caída de la resistencia periférica).

En general se consigue con el método interválico una *ampliación del ámbito funcional de los diferentes sistemas orgánicos*. A nivel de la coordinación se fijan *movimientos más exigentes (más rápidos, más fuertes) frente a interferencias (por ejemplo, cansancio por hiperacidosis o agotamiento de los depósitos de fosfato)*, a nivel psíquico se consigue el *acostumbramiento a nuevos esfuerzos a pesar de sensaciones desagradables*.

Métodos de repetición

Se caracterizan por *cargas repetidas y muy intensas con descansos completos* intercalados. Durante estos descansos, todos los parámetros del rendimiento de los sistemas funcionales implicados vuelven a su estado inicial. La *frecuencia cardíaca* debería situarse en su nivel inicial, pero siempre *por debajo de 100/min*. La efectividad se espera de las fases de carga altamente intensas durante las cuales se han de realizar *todos los procesos fisiológicos y mecanismos de regulación hasta alcanzar el nivel funcional exigido*.

En cuanto a la coordinación se han de *realizar movimientos más intensos que en la competición*, puesto que se suele trabajar con una duración de carga inferior.

Globalmente existe una gran equivalencia a los métodos interválicos. Se alcanza un *aumento de la amplitud funcional compleja*.

Método de competición o de control

En este método existe una *carga única*, que requiere el rendimiento máximo actual en el *ámbito del tiempo o de la distancia competitivos*. O bien se realiza *directamente la distancia competitiva* o bien se presentan cargas en el sentido de *mayores distancias* (mayor duración, intensidad algo reducida) o bien *distancias más cortas* (menor duración a mayor in-

tensidad). De todas formas se consiguen *niveles funcionales de los sistemas orgánicos parecidos a la competición*, lo que en otros métodos no ocurre en esta medida. Con ello se permite una *ampliación de la capacidad compleja de rendimiento en un nivel funcional máximo*. El nivel de exigencia es parecido tanto para los factores de condición física, como de la técnica motriz, coordinación y para factores psíquicos. El método de competición sirve de *preparación directa para la temporada o bien la fase de competiciones*. También se aplica para *finés diagnósticos* (método de control), puesto que sus resultados permiten interpretar el efecto del entrenamiento realizado.

Métodos específicos

Desde los métodos básicos y sus variantes principales se desarrollaron *diseñando específicamente los componentes concretos de carga*—métodos de entrenamiento cuya línea de actuación se puede dominar relativamente bien. Podemos hablar también de *métodos de carga con intervención acentuada* (tabla 32).

Para su caracterización más detallada nos basaremos en los componentes de carga. En este contexto se ha de tener en cuenta que la *intensidad de carga* se puede relacionar con la *velocidad de desplazamiento* (velocidad competitiva) o con el *porcentaje de implicación del sistema cardiovascular* (%VO₂máx.). Las cifras indicadas son idénticas. Un dato práctico es la *frecuencia cardíaca/minuto (FC/min)*. Pero los datos generales sobre la *frecuencia cardíaca no constituyen un criterio fiable para la intensidad desconociéndose los valores personales del umbral aeróbico y anaeróbico*. Las desviaciones individuales en función de edad, nivel de entrenamiento, etc., pueden variar mucho. La medición de la frecuencia cardíaca se debe de realizar además con un aparato para medir las pulsaciones de forma fiable y regular (cada tres semanas, aproximadamente). Las mediciones manuales son tan inexactas que se permiten fácilmente orientaciones erróneas. Las siguientes frecuencias cardíacas se han de considerar por ello como medio global de orientación.

Dentro de los efectos variados del entrenamiento que se observan en las cargas de resistencia siempre de forma integradora, pero con insistencia diferente, nombramos aquí sólo los claramente manifiestos.

Método continuo extensivo

Intensidad de carga:

60-80% de la velocidad competitiva, en el ámbito del UA y de la TAA_n (1.5-3 mmol/l lac), es decir, según el nivel de rendimiento el 45-65% del VO₂máx., igual que con FC/min de unos 125-160.

Tabla 32. Sinopsis de los métodos específicos de entrenamiento (métodos con efectos muy concretos) y sus objetivos preferenciales de entrenamiento.

Denominación del método	Efecto de entrenamiento deseado
- Método continuo extensivo	Economización, estabilización de un nivel de rendimiento, regeneración, entrenamiento del metabolismo de grasas
- Método continuo intensivo	Subir el nivel de rendimiento, ampliar el VO_2 máx., desplazar el UAn, entrenamiento del metabolismo glucógeno, multiplicar el depósito de glucógeno
- Método continuo variable	Igual que método continuo Mejora de la regeneración durante cargas ligeras Capacidad de modificación de la vía energética
- Método interválico extensivo + IL (2-3 min)	Ampliación de la capacidad aeróbica preferentemente a través del ámbito periférico (capilarización), entrenamiento de la compensación láctica
- Método interválico extensivo + IM (60-90 s)	Ampliación de la capacidad aeróbica preferentemente a través del ámbito central (capacidad de transporte del corazón), ampliación de la capacidad anaeróbico-láctica (tolerancia para el lactato)
- Método interválico + IC (20-30 s)	Entrenamiento del corazón del deportista, ampliación de la capacidad anaeróbico-láctica (producción elevada de lactato), trabajo de las fibras FT, capacidad de modificar la vía energética
- Método interválico extensivo + IC extremos (8-10 s)	Ampliación de la capacidad anaeróbico-aláctica (incremento de los depósitos de fosfato), capacidad de modificar la vía energética (capacidad metabólica aeróbica frente a volumen elevado)
- Método de repeticiones + IL (2-3 min)	Ampliación del área funcional complejo de RDM, entrenamiento de la compensación láctica
- Método de repeticiones + IM (45-60 s)	Ampliación del área funcional complejo de RDC, entrenamiento de la tolerancia láctica
- Método de repeticiones + IC (20-30 s)	Ampliación del área inferior funcional complejo de RDM, multiplicación de los depósitos de fosfato
- Método de las cargas aisladas de competición	Desgaste más profundo de los potenciales funcionales, ampliación del área funcional complejo en el máximo nivel funcional

Duración:

30 minutos hasta 2 horas (en casos específicos, varias horas).

Efectos del entrenamiento:

- ampliación del metabolismo aeróbico implicando una mejora de la oxidación de grasas (incremento de mitocondrias, activación de la β -oxidación); en menor medida la mejora de la oxidación del glucógeno,
- economización del trabajo cardíaco (bajar la frecuencia de trabajo y de reposo), poco efecto hipertrofico para el músculo cardíaco (a partir de FC de unos 140/min),
- mejora de la circulación periférica,
- formación de una vagotonía en el ámbito nervioso-vegetativo.

Objetivos del entrenamiento:

- economización del rendimiento cardiovascular,
- entrenamiento del metabolismo lípido,
- estabilización del nivel de rendimiento alcanzado,
- aceleración de la regeneración.

Método continuo intensivo

Intensidad de carga:

90-95% de la velocidad de competición, en el ámbito del UAn, es decir, según el nivel de rendimiento: 60-90% del VO_2 máx. igual que con FC/min de unos 140-190.

Duración:

30-60 minutos (en casos específicos, hasta 90 minutos).

Efectos del entrenamiento:

- en el metabolismo aeróbico, mayor aprovechamiento del glucógeno,
- agotamiento del depósito de glucógeno con consiguiente sobrecompensación (con duración de carga adecuada),
- inclusión de la producción y eliminación de lactato (steady-state máximo) en el abastecimiento energético,
- mejora del riego coronario y periférico
- hipertrofia del músculo cardíaco (desarrollo del corazón del deportista),
- incremento del volumen sanguíneo,
- capilarización del músculo esquelético,
- poca vagotonía en el ámbito nervioso-vegetativo.

Objetivos del entrenamiento:

- entrenamiento del metabolismo glucogénico

- aumento de los depósitos de glucógeno;
- compensación del lactato durante la carga
- aumento del $\text{VO}_2\text{máx.}$ a través de capilarización y rendimiento cardíaco,
- elevación del umbral anaeróbico (UAN),
- conservación de una intensidad de carga elevada.

Método continuo variable (método mixto)

Intensidad de carga:

60-95 % de la velocidad de competición, cambio entre intensidades cerca del UAN (unos 2 mmol) y por encima del UAN (5-6 mmol), es decir, igual a FC/mín de 130-180.

Duración:

30-60 minutos.

Efectos del entrenamiento:

- mejor cambio del suministro energético de la vía puramente aeróbica (lipólisis/oxidación de hidratos de carbono) a la vía mayoritariamente aeróbica, incluyendo mayor producción de lactato (exclusiva degradación de glucógeno),
- mejor compensación del lactato durante las fases de carga de intensidad mediana a baja,
- además adaptaciones a nivel del sistema cardiovascular, del metabolismo y sistema nervioso-vegetativo, igual que en los métodos continuos extensivo e intensivo, pero en menor cuantía.

Objetivos del entrenamiento:

- iguales que en el método continuo intensivo y
- aceleración de la regeneración (capacidad de recuperación) durante cargas ligeras a bajas,
- conservación de un tiempo prolongado de carga con cambios de intensidad (soportar la carga),
- capacidad de cambiar la vía energética requerida.

Método interválico extensivo con intervalos largos (II)

Intensidad de carga:

mediana: 70-75% de la velocidad de competición; unos 160-165/min.

Duración:

2-3 minutos; en ocasiones hasta 8 minutos.

Pausa:

2-5 minutos (disminución de la FC hasta 120/min).

Volumen:

6-9 cargas: 45-60 minutos de carga efectiva por entrenamiento incluyendo los «descansos» activos.

Efectos del entrenamiento:

- irrigación periférica y capilarización (debido al mantenimiento relativamente prolongado de una presión sanguínea mediana),
- glucólisis e incremento de los depósitos en las fibras-ST,
- aumento del corazón (trabajo a través de presión y volumen coronario),
- poca vagotonía.

Objetivos del entrenamiento:

- ampliación de la capacidad aeróbica ($\text{VO}_2\text{máx.}$) más a través del área periférica que la central,
- capacidad de adaptación y de compensación láctica,
- economización del metabolismo glucogénico.

Método interválico extensivo con intervalos medianos (IM)

Intensidad de carga:

mediana a submáxima: 70-80% de la velocidad de competición: unos 160-170/min.

Duración:

60-90 segundos.

Pausa:

1 $\frac{1}{2}$ -2 minutos.

Volumen:

12-15 cargas: carga efectiva de unos 35-45 minutos, incluyendo los «descansos activos» (las repeticiones se limitan en cuanto no se pueden mantener las frecuencias cardíacas de carga o bien la duración de la pausa).

Efectos del entrenamiento:

- activación de los procesos aeróbicos a través de la deuda de oxígeno,
- aumento del corazón (trabajo a través de presión y volumen coronario),
- capilarización (inferior, por falta de presión mediana constante),

- producción de lactato en las fibras-ST (por intensidad de carga a través del UAn).

Objetivos del entrenamiento:

- ampliación de la capacidad aeróbica, más a través del área central que la periférica,
- tolerancia y eliminación de lactato.

Método interválico intensivo con intervalos cortos (IC)

Intensidad de carga:

casi máxima: 90-95% de la velocidad de competición.

Duración:

20-30 segundos.

Pausa:

2-3 minutos; pausa entre series: 10-15 minutos.

Volumen:

9-12 cargas: en el sistema de series, 3-4 cargas para 3-4 series; unos 25-35 minutos de tiempo efectivo de carga incluyendo los «descansos activos».

Efectos del entrenamiento:

- producción y restauración de lactato en la sangre,
- implicación de las fibras-FT (siempre que el VO_2 máx. sea mayor del 90% o bien la fuerza ocupa más del 30%) y vaciado de depósitos de glucógeno,
- aumento del corazón,
- capilarización (efecto inferior).

Objetivos del entrenamiento:

- aumento de la capacidad anaeróbico-láctica a través de mayor producción de lactato y su mayor tolerancia,
- incremento del VO_2 máx. a través de las constantes del rendimiento coronario.

Método interválico intensivo con intervalos extremadamente cortos (extr. IC)

Intensidad de carga:

máxima: 90-100% de la velocidad de competición.

Duración:
8-10 segundos.

Pausa:

2-3 minutos.

Volumen:

3-4 cargas en 3-4 series (hasta 6-8 series); unos 25-35 minutos (o bien 50-60 minutos) de tiempo efectivo de carga incluyendo «descansos activos».

Efectos del entrenamiento:

- utilización de los depósitos de fosfato,
- iniciación de la glucólisis anaeróbica,
- estimulación de la vía energética aeróbica para suprimir el fosfato (durante los descansos),
- poca capilarización (ausencia de una presión sanguínea constante de nivel mediano).

Objetivos del entrenamiento:

- ampliación de la capacidad anaeróbico-aláctica,
- capacidad de cambio entre vías energéticas anaeróbica y aeróbica,
- fomento de la capacidad metabólica aeróbica en caso de elevado volumen de entrenamiento (más de 5-6 series).

Método de repeticiones con intervalos largos (IL)

Intensidad de carga:

de submáxima a máxima: 80-90% de la velocidad de competición.

Duración:

2-3 minutos.

Pausa:

completa; unos 10-12 minutos (FC/min inferior a 100; restauración de todos los parámetros del rendimiento al nivel inicial).

Volumen:

3-5 repeticiones.

Efectos del entrenamiento:

- mejora de la vía energética mixta anaeróbico-aeróbica,
- ejecución de todos los mecanismos reguladores decisivos para el rendimiento y retorno al nivel inicial
- compensación láctica frente a concentración mediana de lactato.

Objetivos del entrenamiento:

- ampliación del área funcional complejo (- amplitud) en el ámbito de RDM,
- entrenamiento compensatorio para el lactato.

Método de repeticiones con intervalos medianos (IM)

Intensidad de carga:

máxima: 90-95% de la velocidad de competición.

Duración:

45-60 segundos.

Pausa:

completa; unos 8-10 minutos (FC/min inferior a 100).

Volumen:

4-6 repeticiones.

Efectos del entrenamiento:

- mejora de la vía energética anaeróbica-láctica,
- vaciado de los depósitos de glucógeno de las fibras-FT,
- tolerancia para el lactato,
- ejecución de todos los mecanismos reguladores esenciales.

Objetivos del entrenamiento:

- ampliación del área funcional complejo en el ámbito de RDC,
- persistencia frente a elevada hiperacidosis.

Método de repeticiones con intervalos cortos (IC)

Intensidad de carga:

máxima: 90-100% de la velocidad de competición.

Duración:

20-30 segundos.

Pausa:

completa; 6-8 minutos.

Volumen:

6-8 (10) repeticiones.

Efectos del entrenamiento:

- mejora de la vía energética anaeróbica-aláctica,
- implicación de las fibras-FT y producción rápida de lactato,
- incremento de los depósitos de fosfato,
- ejecución de todos los mecanismos reguladores esenciales.

Objetivos del entrenamiento:

- ampliación del área funcional compleja en el ámbito de RDC,
- persistencia frente a fuerte desgaste de fosfato.

Método de cargas aisladas específicas de competición

Intensidad de carga:

máxima a supramáxima: +5 hasta más del 100% de la velocidad de competición.

Duración:

sobre distancia (+10-20%) frente a la duración de competición o menor distancia (-10-20%).

Efectos del entrenamiento:

- desgaste extremadamente elevado de determinados sistemas funcionales,
- carga psicofísica con elevada activación nervioso-central.

Objetivos del entrenamiento:

- desgaste más profundo de los potenciales funcionales con posterior sobrecompensación,
- carga global típica de competición,
- ampliación de la capacidad de rendimiento en nivel funcional máximo.

Medidas metódicas auxiliares

En la práctica del entrenamiento de la resistencia se han establecido -además de los diferentes métodos de carga- otras medidas que por un lado no encajan en los métodos de entrenamiento y que, por otro lado, son más que formas de entrenamiento (= combinación de un determinado método de carga con un ejercicio). A continuación se exponen brevemente las dos versiones más esenciales.

Entrenamiento en la altura

Hemos de diferenciar en cuanto al objetivo si se pretende una *mejora de la resistencia para su aplicación en zonas bajas* (por debajo de 1.500-1.800 m) o si se trata de una *preparación para rendimientos de resistencia en las alturas* (por encima de 1.800-2.000 m).

Para el segundo caso es imprescindible realizar entrenamiento de altura para conseguir una adaptación del rendimiento a las condiciones de la altura, con una duración imprescindible de 3-5 semanas (según altura). En este tiempo se habrán producido los procesos esenciales de adaptación.

Una adaptación completa (hasta alturas de 5.000 m) no se alcanza hasta los 8-9 meses. Aquí no nos centramos en este tipo de entrenamiento en la altura.

Las alturas de 1.800-2.000 m constituyen el nivel de estimulación idóneo para la preparación de competiciones en zonas bajas. Por una parte existe una «falta de oxígeno» estimulante durante las cargas y, por otra, la temperatura y la humedad ambiental aún permiten realizar un entrenamiento sistemático. En ello se han de tener en cuenta ciertas experiencias o reglas:

- El entrenamiento de altura supone un buen nivel de resistencia. Éste se ha de alcanzar en zonas bajas.
- Con la repetición de estancias en las alturas se mejoran los fenómenos de adaptación del organismo. Por eso es más efectiva una estancia repetitiva en las alturas que una única.
- Al principio (3-4 días) de la estancia en la altura se ha de entrenar a una intensidad de carga más baja y con pausas más largas. Después se debe alcanzar el rendimiento de entrenamiento igual que en zonas bajas, manteniéndose las pausas más largas que normalmente.
- Debido a la mayor evaporación de agua (pérdida de líquidos) y la mayor necesidad de glucógeno (la falta de oxígeno delimita la lipólisis) se ha de controlar más que normalmente un suministro suficiente de agua/electrolitos y de hidratos de carbono.
- Pasarán unas 2-3 semanas hasta que se hayan establecido las adaptaciones esenciales. Luego se han de dedicar como mínimo 10-12 días, mejor 15-18 días, al entrenamiento en la altura para que tenga efecto.
- El entrenamiento en la altura significa para el rendimiento de resistencia cambios positivos y negativos. Se exponen en la tabla 33.
- Una vez vuelto a zonas bajas se ha de prever una fase de adaptación de 3-5 días (tiempo de reaclimatación). A menudo implica una disminución del rendimiento. Pasada esta fase podemos calcular en general con una capacidad de resistencia más elevada. Ésta se mantendrá durante unas 2-3 semanas. No obstante, existen desviaciones individuales considerables de este tipo de reacciones globales.

Tabla 33. Adaptación del organismo en el entrenamiento en la altura.

Positivo Para la capacidad de resistencia	Negativo
<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de los glóbulos rojos y de la hemoglobina; consecuencia: mayor capacidad de mezclar y transportar el O_2 • Incremento de la mioglobina en las células musculares; consecuencia: mayor almacenamiento de oxígeno o bien aceleración del transporte de oxígeno hacia la mitocondria • Capilarización a nivel de la musculatura esquelética; consecuencia: mejor abastecimiento con sangre y oxígeno • Multiplicación de las mitocondrias y de las enzimas oxidativas (para quemar glucógeno y grasas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor espesor de la sangre (incremento de la viscosidad) por el aumento de los glóbulos rojos; consecuencia: mayor trabajo cardíaco para hacer circular la sangre • Incremento de la respiración (hiperventilación); consecuencia: mayor energía requerida por la musculatura respiratoria • Disminución del amortiguador bicarbonato en la sangre debido a la mayor eliminación respiratoria del CO_2 (alcalosis respiratoria; consecuencia: la baja neutralización de ácidos y la baja sobreacidez se producen antes)

- A partir del cuadro de adaptaciones se deduce que un entrenamiento en la altura realizado correcta e individualmente supone un incremento de la capacidad de rendimiento de resistencia; y no tanto de la resistencia aeróbica.

Entrenamiento en condiciones más difíciles

El establecer condiciones de entrenamiento más difíciles pretende fundamentalmente un mayor esfuerzo y con ello un mayor efecto para la homeostasis. No obstante, el grado de dificultades no debe llegar a tal extremo que se provoquen reacciones fisiológicas de otra índole (por ejemplo, que una intensa carga aeróbica prevista se convierta en marcadamente anaeróbica). La línea maestra para estas directrices ha de ser en la práctica del entrenamiento:

Dificultar sólo en la medida que los movimientos (ejercicios) aún sean realizables en un tiempo semejante a la carga competitiva. Esto significa para el caso de cargas adicionales aproximadamente un 2-3% del peso

corporal (según las circunstancias, hasta el 5% en deslizamientos planos o sobre ruedas).

Según cada deporte existen diferentes posibilidades para crear condiciones más difíciles. Ejemplos:

- En la *carrera atlética* y en el *esquí de fondo*: pesos adicionales (chaleco de arena, cinturón con pesas, brazaleras con pesas), carrera cuesta arriba (carreras por colinas, carreras en la montaña) con subidas entre el 3-5% (en el *esquí de fondo*, hasta el 12%), carreras contra el viento.
- En el *ciclismo*: rutas por la montaña, circular con piñones más grandes que normalmente, desplazamientos contra el viento.
- En la *natación*: utilización de paddles, nadar contra corriente.
- En el *remo* y *piragüismo*: arrastrar latas, cubos, etc., sumergidos, desplazamientos contra corriente, modificar la situación de las palancas en los remos.

En base a estas mayores dificultades —siempre que estén correctamente aplicadas— hemos de suponer una *mayor implicación de la fuerza de la musculatura funcional* lo que equivale a un *mayor efecto de entrenamiento para la captación máxima de oxígeno*.

Sabemos que los ejercicios de resistencia con un cierto grado de fuerza comportan un mayor desgaste de oxígeno que los que son de resistencia pura. En este sentido se hallan, por ejemplo, en las carreras atléticas y de *esquí de fondo* con subida incrementos del $VO_{2\text{máx}}$ en un 3-5% frente a planos (HOLLMANN/HETTINGER, 1980, 375). Estudios de NURMEKIWI (1975, 1385) sobre carreras en colinas (subidas de 11-15 grados) demuestran, por ejemplo, que la distancia de 150 m (a una intensidad superior) mejora más la capacidad anaeróbica-láctica, mientras que la distancia de 400 m es más indicada para fomentar el $VO_{2\text{máx}}$.

Este medio metodológico de aumentar la dificultad se presta para ampliar el $VO_{2\text{máx}}$. En primer lugar no se trata de un desarrollo acentuado de la fuerza-resistencia con efectos para la musculatura esquelética. Éste puede ser también un objetivo cuando en carreras sobre colinas se utilizan cargas adicionales. Para ello se requieren, sin embargo mayores sobrecargas y también otros métodos de carga.

Métodos de entrenamiento para los diferentes tipos de resistencia

El desarrollo óptimo de un tipo de resistencia requiere siempre una *sabia combinación de varios métodos específicos*. Pero esto no excluye que durante una cierta temporada se apliquen preferentemente determi-

nados métodos. Esencial para ello es el objetivo momentáneo dentro del proceso de entrenamiento a medio o largo plazo.

Los *efectos biológicos del entrenamiento* con un método suelen ser el *criterio preferencial para la selección del método*. Para poder tomar las decisiones óptimas al respecto se deben de conocer:

- a) los factores decisivos para el rendimiento del tipo de resistencia en cuestión.
- b) Los efectos primordiales del método de entrenamiento que se aplicará.

Para el diseño de los ciclos de entrenamiento, además, se han de conocer los *tiempos de regeneración* después de determinados métodos de carga y el tiempo que se tarda en alcanzar los *efectos del entrenamiento* buscados. Estos últimos aspectos se tratarán en el capítulo 7.

En el ámbito del deporte de alto rendimiento también pueden adquirir importancia para la *selección de métodos* las *reflexiones pedagógico-psicológicas*. Además de los objetivos de entrenamiento puramente físicos se han de perseguir, en determinadas circunstancias, también otros como la *voluntad de decisión y de acción*, la *dureza consigo mismo*, la *capacidad de superarse para conseguir un mejor rendimiento*, la *resistencia a la carga específica de la situación competitiva* o la *tolerancia para el estrés*.

Entrenamiento de la resistencia de base I (RB I)

Objetivos:

- Mantenimiento o bien estabilización de la salud.
 - Creación de una buena base de partida para el entrenamiento en deportes que no sean de resistencia.
- Esto significa a nivel biológico:
- Uso económico de la capacidad aeróbica existente ($VO_{2\text{máx}}$).
 - En casos, la mejora de un $VO_{2\text{máx}}$ aún insuficiente hasta el nivel normal (45-55 ml/kg/min).

RB I en el ámbito del entrenamiento preventivo

Existen numerosos estudios con resultados concretos sobre el *entrenamiento preventivo* o de *fitness* que se mencionan aquí.

Para delimitar claramente este ámbito del entrenamiento indicamos dos aspectos:

1. Se trata del ámbito de *no entrenados sanos* (fig. 45) que quieren mantener o mejorar su nivel de salud. Nos encontramos pues ante un

entrenamiento preventivo de la resistencia que evita o retrasa el desarrollo de cambios degenerativos del sistema cardiovascular causados por factores de riesgo y por el proceso de envejecimiento.

El *entrenamiento rehabilitativo de la resistencia* que quiere compensar una capacidad cardiovascular fuertemente limitada por *enfermedades coronarias* no es temática del presente libro. Precisamente se ha de proceder con mucha cautela y de forma diferenciada, puesto que se deben considerar los diferentes grados de afectación cardial o coronaria. Este entrenamiento se tiene que realizar bajo *estricto control médico con dosis de carga individual*.

2. Las cargas de resistencia empleadas para *prevenir irregularidades de la salud y para mantener el rendimiento* se sitúan en el ámbito fundamental del desarrollo de la resistencia (tabla 34). La figura 47 indica las intensidades de carga por aplicar, usando la curva de rendimiento láctico.

No todo entrenamiento higiénico de la resistencia alcanza su efecto *completo de prevención para la salud*. Siguiendo los últimos diagnósticos, se requieren para ello las *adaptaciones en el sistema cardiovascular, en el metabolismo y en la coagulación sanguínea* (tabla 35). A menudo sólo se consiguen *efectos para el sistema cardiovascular* debido a un volumen de entrenamiento reducido. Debido a estos datos hemos de diferenciar el entrenamiento preventivo, si queremos ser estrictos, en un *programa mínimo y otro óptimo*.

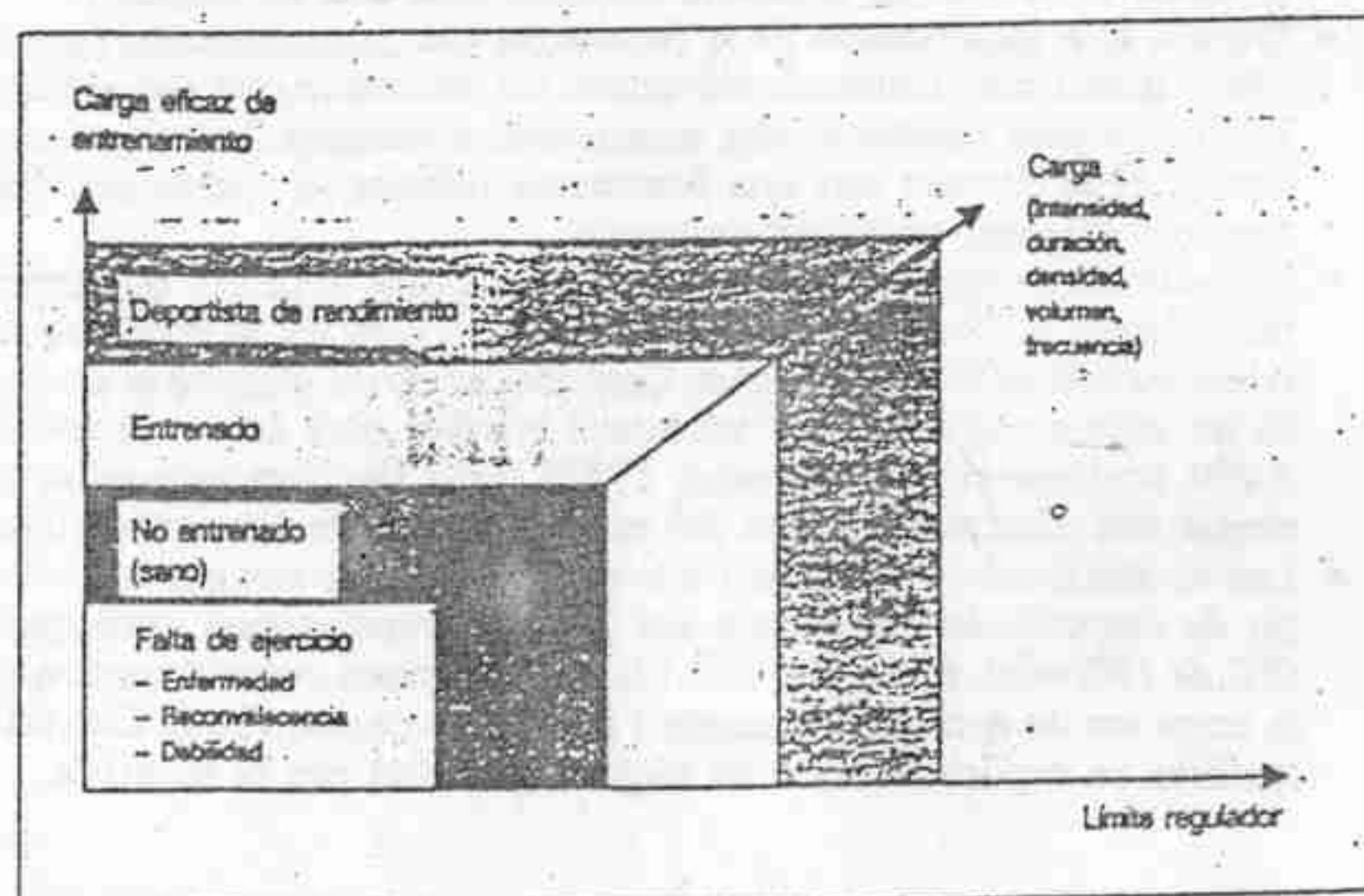


FIGURA 45: Esquema de la relación entre la carga eficaz de entrenamiento y la banda reguladora funcional para caracterizar las diferencias entre entrenamiento higiénico y de rendimiento.

Tabla 34. Ámbitos de esfuerzo o bien de entrenamiento del desarrollo de la resistencia (modificado en base a NEUMANN, 1984, 175).

Ámbito de esfuerzo	Criterios de carga
Ámbito fundamental	60-70% del mejor rendimiento en esta distancia (= 50-60% del $\text{VO}_2\text{máx.}$); FC/min de 130-150 cantidades de lactato < 2 mmol/l
Ámbito evolutivo I y II	70-90% del mejor rendimiento en esta distancia (> 70% del $\text{VO}_2\text{máx.}$); FC/min de 160-180 cantidades de lactato 3-7 mmol/l
Ámbito límite	95-100% del mejor rendimiento en esta distancia (= 100% del $\text{VO}_2\text{máx.}$); FC/min de 180-200 cantidades de lactato < 7 mmol/l

Tabla 35. Cambios de adaptación con el entrenamiento higiénico de la resistencia (elaborado en base a REINDELL, BERG, HERMANN y cols., ROST, HOLLMANN).

1. Efectos para las funciones cardiovasculares		
- Frecuencia de pulsaciones y presión sanguínea sistólica en reposo y con cargas submáximas	↓	Ello produce: Ahorro de consumo de oxígeno en el músculo cardíaco y, en consecuencia: Economización del trabajo cardíaco
- Duración sistólica y diastólica	↑	
- Volumen de sangre impulsada (sin aumentar el volumen cardíaco)	↓	
- Resistencia periférica	↑	
- Superficie capilar en el músculo esquelético	↑	
- Vasos colaterales coronarios (si existe insuficiencia coronaria)	↑	
- Liberación de catecolaminas	↓	
2. Efectos para el sistema metabólico		
- Equilibrio del lactato sanguíneo en cargas submáximas	↓	Ello indica ventajas para el metabolismo oxidativo
- Eliminación del lactato después de la carga	↑	
- Equilibrio de los triglicéridos en la sangre	↓	Ello significa: mayor participación de metabolismo lípido dentro de las vías energéticas
- Actividad de la lipasa	↑	
- Relación entre lípidos libres y glicerol	↓	
- Colesterol-HDL	↑	Ellos indican un mayor efecto protector frente a la arteriosclerosis
- Colesterol-LDL	↓	
3. Efectos para el cuadro coagulativo de la sangre		
- Fibrinolisis	↑	Esto significa: reducción de la producción trombótica de la sangre (bajo riesgo de infarto)
- Agregación de trombocitena	↓	

↑ incremento, ↓ disminución.

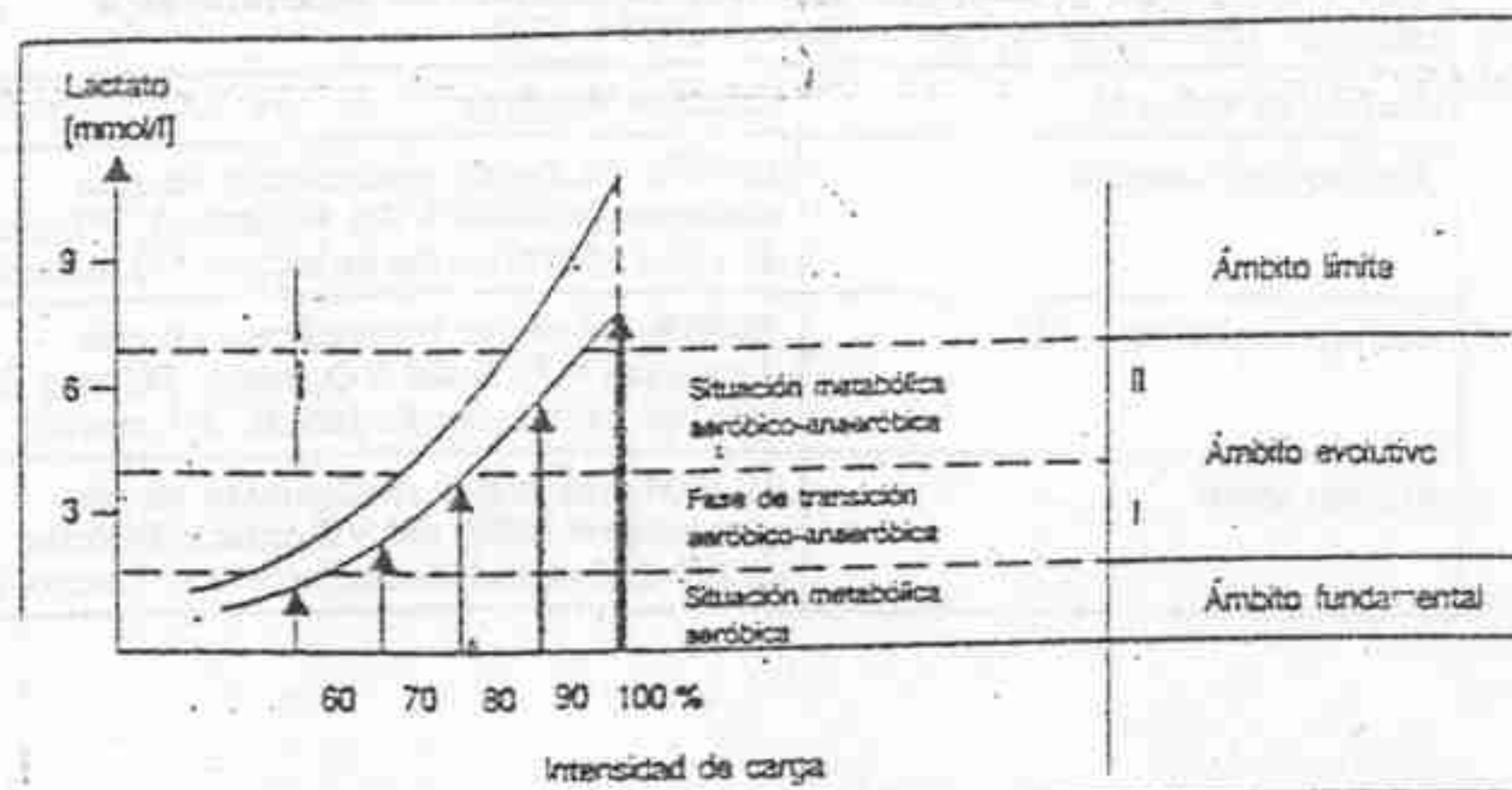


FIGURA 46: Influencia de la intensidad de cargas de resistencia para los tres ámbitos reguladores del organismo sobre procesos metabólicos.

Programa preventivo mínimo

El programa mínimo es eficaz para personas cuyo $VO_{2\text{máx. rel.}}$ sea inferior a 40 ml/kg/min (hombres) o 32 ml/kg/min (mujeres) o cuyo rendimiento máximo sea inferior a 2 W/kg o bien 1,5 W/kg (comprobado mediante el cicloergómetro).

Los componentes de carga se han de organizar de la siguiente forma:

- Tiempo bruto de carga/semana: 60 minutos
= unos 9-12 km de carrera o 20-25 km en bicicleta.
- Intensidad de carga: 50% del rendimiento cardiovascular ($VO_{2\text{máx.}}$)
= FC/min de unos 130 o FC = 160 menos edad vital (en años).
- Duración de la carga (continuada): como mínimo 10-12 minutos, máximo, 30 minutos.
- Frecuencia de entrenamiento: 5 (x12 minutos) hasta 2 (x30 minutos) por semana.

Observaciones:

- La frecuencia cardíaca de 130/min es para no entrenados un buen compromiso entre sensación de esfuerzo y duración de carga necesaria. Existen valores orientativos para una dosificación según la edad (tabla 36).
- Apenas se aguantan las frecuencias cardíacas indicadas durante el tiempo mínimo necesario de 5 minutos al principio de un entrenamiento de la resistencia. Entonces se requieren programas complementarios.

Tabla 36. Valores normativos de la frecuencia de pulsaciones para medir la carga del 80 o bien del 70% y del 60% del volumen máximo de oxígeno (según STRAUTZENBERG, 1979, 37).

Edad en años	Frecuencia de pulsaciones		
	Aproximadamente el 80%	Aproximadamente el 70%	Aproximadamente el 60%
30-35	170	150	130
36-40	165	145	125
41-45	160	140	120
46-50	155	135	115
51-55	150	130	110
56-60	145	125	105
61-65	140	120	100
66-70	135	115	95
71-75	130	110	90
Regla global	200-edad	180-edad	160-edad

- El método continuo extensivo es fisiológicamente el más eficiente. Este método se ha de conseguir a pesar de que también se realicen a la vez cargas intermitentes al principio del entrenamiento o por razones psicopedagógicas.
- A pesar de que el programa diario de 10 minutos todavía sea útil a nivel fisiológico, implica el inconveniente de la poca duración de carga y del hecho que un calentamiento de un tiempo razonable hasta alcanzar la intensidad indicada delimite más aún su duración.
- Debido a la importancia de la frecuencia del entrenamiento para su efecto queda prácticamente eliminado un entrenamiento por semana. El tiempo para mantener una adaptación alcanzada llegaría así a su límite. Si se entrena con una frecuencia inferior se vuelve prácticamente a empezar cada vez de nuevo.
- El gasto energético de una carga mínima (unos 9-12 km de carrera por semana o 20-25 km en bicicleta) no supera en el mejor de los casos las 800-900 kcal/semana. Con ello ya no se alcanza el umbral de un entrenamiento de la resistencia efectivo para la prevención de 2.000 kcal/semana (PAFFENBERG, 1982). Esto significa que se ha de contar con efectos limitados del entrenamiento de tipo preventivo.
- Los no entrenados en absoluto aún obtienen efectos con entrenamientos de intensidades por debajo del límite de rendimiento prolongado (FC de 130/min), como con 100-110/min, siempre que la duración de la carga sea de aproximadamente 1 h/día (HOLLMANN, 1980). Con esto también se explica el valor de largas caminatas por la montaña.

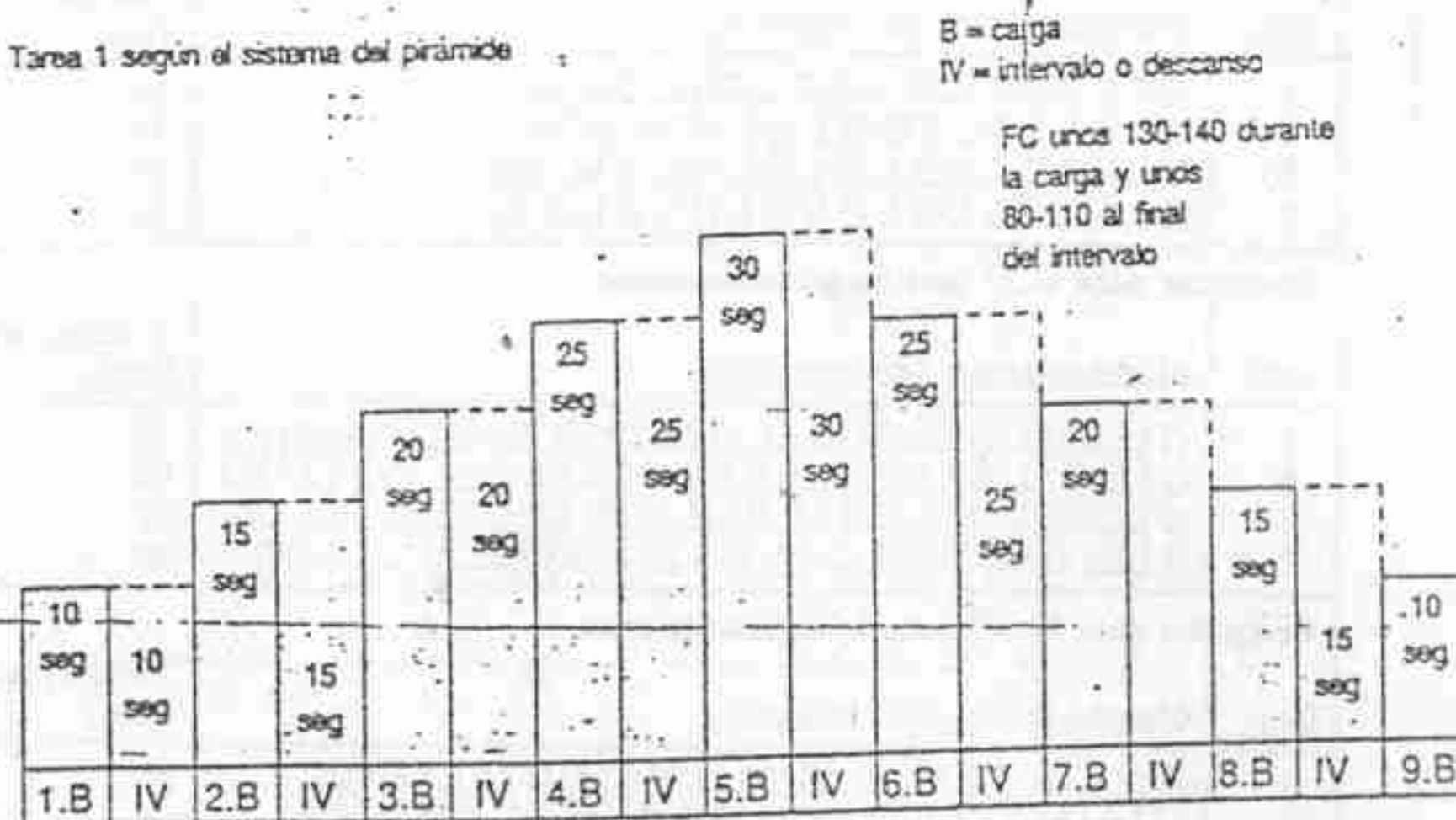
Programas complementarios

Los programas complementarios de una posible carga continua de 30 minutos pueden resultar muy diversos. En principio se trata de facilitar

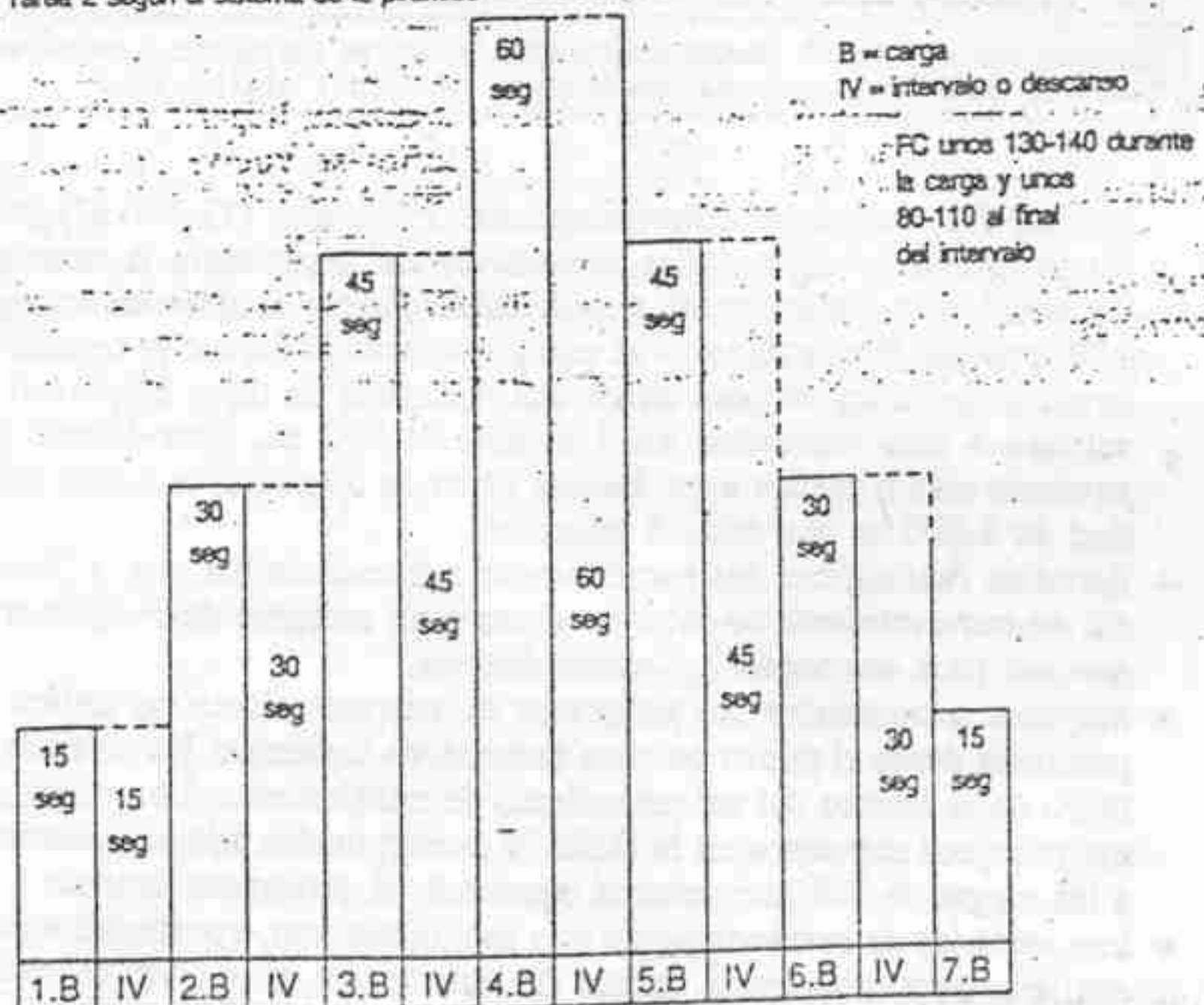
la carga continua -de la duración total prevista- inicialmente mediante descansos de forma interválica, reduciendo paulatinamente los tiempos y la frecuencia de las pausas.

Los ejemplos programáticos pueden ilustrar este principio (fig. 47 y tablas 37 y 38).

Tarea 1 según el sistema de la pirámide



Tarea 2 según el sistema de la pirámide



Tarea 3 según el sistema de la pirámide

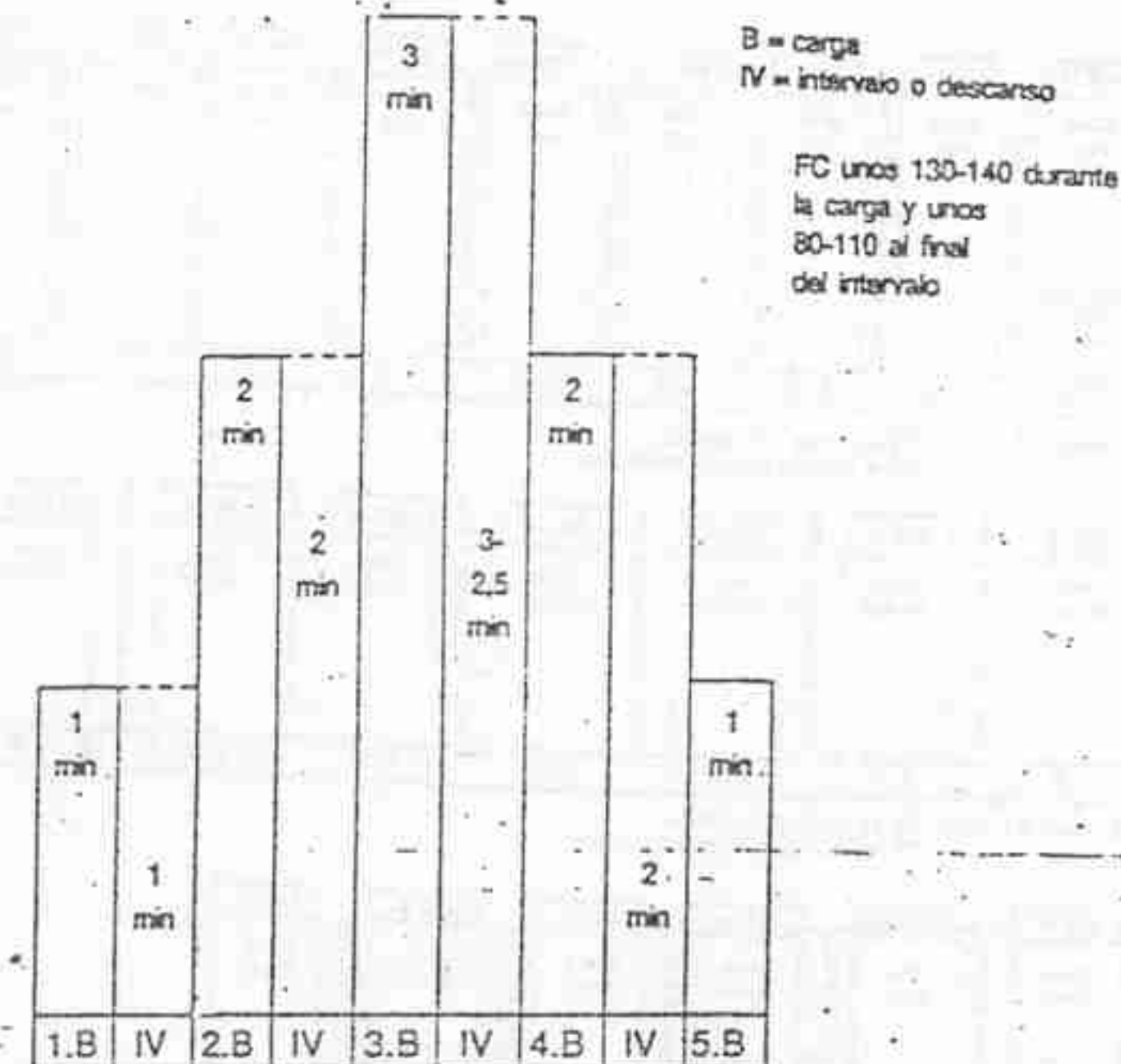


FIGURA 47: Programa complementario «correr» con carreras de minutos siguiendo el sistema de la pirámide (BLADORN/SCHMIDT, 1983, 81).

Programa preventivo óptimo

Con el programa óptimo se pueden alcanzar en cuanto al volumen relativo de oxígeno rendimientos hasta niveles de 50-55 ml/kg/min o en vatios, 3-4 W/kg, suponiendo un nivel inicial ($VO_{2\max}$ rel. de unos 45 ml/kg/min o bien de 38 ml/kg/min) correspondiente. Estos valores constituyen la norma idónea para una condición física general.

Los componentes de la carga deben estructurarse de la siguiente forma:

- Tiempo bruto de carga/semana: 3 horas (2-4 horas)
= unos 35-40 km de carrera atlética a una velocidad de 12 km/h.
- Intensidad de carga: 70% (HOLLMANN, 1980) o bien 70-80% (NEUMANN, 1984) del rendimiento cardiovascular
= FC/min de unos 150 o según la fórmula 170 menos 1/2 edad en años.
- Duración de la carga (continuada): como mínimo, 30-35 minutos, máximo, 60-70 minutos.

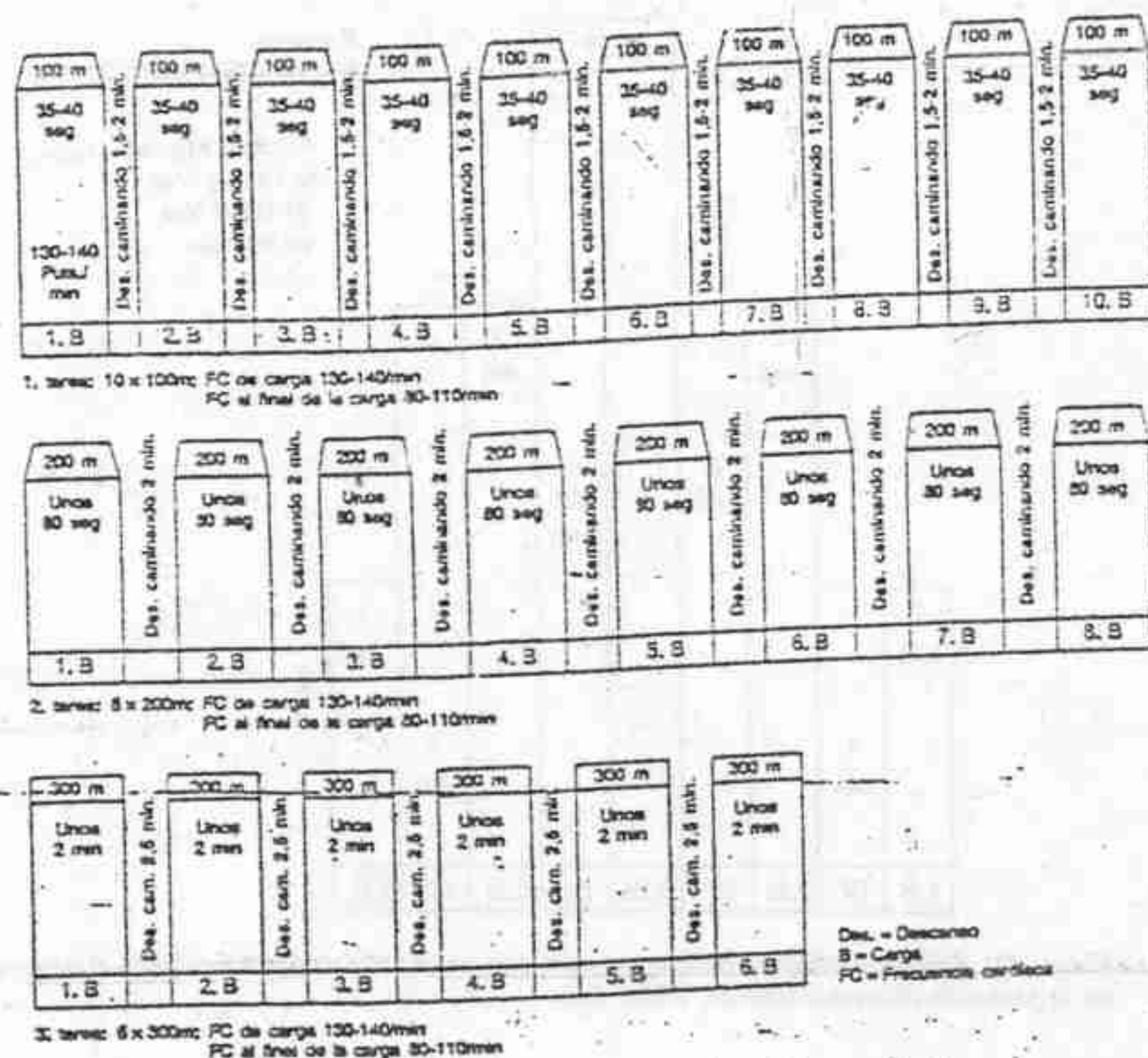


FIGURA 48: Programa complementario «correr» mediante carreras lentas interválicas (BLÖDORN/SCHMIDT, 1983, 84).

- Frecuencia de entrenamiento: 6 (x30 minutos) hasta 3 (x60 minutos).

Observaciones:

- La fórmula para calcular la frecuencia óptima de pulsaciones (según SCHMITH/ISRAEL, 1983) es exactamente:

$$FC/min = 170 - 1/2 \text{ edad vital (en años)} \pm 10/min$$

Esta fórmula vale hasta los 60 años. La variación de $\pm 10/min$ resulta de las características de esfuerzo de cada deporte, del tiempo de carga y del nivel de entrenamiento.

Globalmente podemos remitir también aquí a la tabla 36.

- Para conseguir unas condiciones favorables para el metabolismo de las grasas se requiere un mínimo de 2-4 horas de volumen de carga por semana. Como óptimo se consideran 3 horas.
- Desde la perspectiva de desgaste energético se alcanza una preven-

Tabla 37. Programa complementario «correr» de 12 semanas (GROSSER y cols., 1985, 123).

C-3 Sesiones de entrenamiento por semana. Programa de las primeras 4 semanas de entrenamiento (G = marcha rápida, L = carrera)		
Sem.	Marcha/carrera (en minutos)	Tiempo total (min)
1	GGLGGGLGG LGG LGG LGGGG	20
2	GLGLGG LGG LGL LGG LGGG	20
3	GLGLGLGG LGL LGL LGL LGG	20
4	GLGLGLGG LGL LGL LGL LLLG	20
Programa para el 2.º mes de entrenamiento:		
Sem.	Marcha/carrera (en minutos)	Tiempo total (min)
5	G L L G L L G L L G G G L L G L L G G G L L G L L G G G G G	30
6	G L L G L L G L L G G L L G L L G G G L L G L L G G L L G G	30
7	G L L G L L G L L G G L L G L L G G G L L G L L G G L L G G	30
8	G L L L G L L G L L L G L L G G L L L G G L L L G L L G G G	30
Programa para el 3.º mes de entrenamiento:		
Sem.	Marcha/carrera (en minutos)	Tiempo total (min)
9	G L L L G L L L G L L L G G L L L G L L L G L L L L L G G	30
10	L L L L G L L L G L L L G G L L L G L L L L G L L L L G G	30
11	L L L L G L L L G L L L G G L L L G L L L L G L L L L G G	30
12	L L L L G L L L G L L L G G L L L L L G L L L L G L L L	30
Rogamos que se tenga en cuenta: controlar la velocidad de carrera a través de la frecuencia de pulsaciones; regla simplificada: 160 menos edad en años		

ción óptima cuando se convierten unas 3.000 kcal (12.600 kJ) por semana mediante actividades deportivas de resistencia o cuando el gasto calórico diario debido a actividades físicas se sitúa en unos 350-400 kcal/día. Esta exigencia se cumple aproximadamente cuando una persona de 75 kg de peso corre una distancia de unos 35-40 km por semana a una velocidad de 5 minutos/1.000 m. Este último dato equivale más o menos a un footing de unos 30 minutos a una velocidad de 1.000 m por cada 5 minutos.

- Estudios fisiológicos del entrenamiento demostraron que la frecuencia de entrenamiento se debe situar a un mínimo de 3 sesiones por semana para conseguir un efecto óptimo.
- Mayores incrementos del programa de entrenamiento no tienen importancia desde el punto de vista preventivo-higiénico. Entonces se entraría en el ámbito del entrenamiento de rendimiento. Los rendimientos prácticos expuestos en la tabla 39 corresponden aproximadamente a las cargas de RB por semana siguiendo el programa óptimo.
- Los métodos de entrenamiento que se aplican son, aparte del método continuo extensivo (para cargas de una hora), ante todo el método

Tabla 38. Programa complementario «bicicleta» de 12 semanas (Grosset y cols., 1985, 122).

B-2-3 sesiones de entrenamiento por semana.		
Programa para las primeras 4 semanas de entrenamiento:		
Semana	Km por sesión de entrenamiento	Km recomendados por semana
1	6-8	12-24
2	8-10	16-30
3	8-10	16-30
4	10-11	20-33
Programa para el 2.º mes de entrenamiento:		
Semana	Km por sesión de entrenamiento	Km recomendados por semana
5	11-12	22-36
6	11-12	22-36
7	12-13	24-39
8	12-13	24-39
Programa para el 3.º mes de entrenamiento:		
Semana	Km por sesión de entrenamiento	Km recomendados por semana
9	13-14	26-42
10	13-14	26-42
11	14-15	28-45
12	14-15	28-45
Rogamos que se tenga en cuenta: controlar la velocidad mediante la frecuencia de pulsaciones; regla simplificada: 180 menos edad en años.		

continuo intensivo y variable (con cargas de 1/2 hora), igual que las cargas en la TAA.

Control de la intensidad de carga

La intensidad de carga en el entrenamiento de la resistencia de base se suele controlar por razones prácticas a través de la frecuencia cardíaca.

Para hallar las pulsaciones en la carótida o en la muñeca (radial) se debe de mantener un método individualmente estandarizado (mismo momento, tiempo de contacto siempre igual, por ejemplo, 10 seg, añadir en caso de elevadas frecuencias cardíacas, debido a la rápida bajada de pulsaciones), con el fin de conseguir una suficiente fiabilidad de los resultados. También existen estudios sobre el control de la intensidad a través del ritmo respiratorio. Para intensidades bajas de carrera se recomienda un ritmo de 4 pasos por respiración, en caso de intensidades medianas, un ritmo de 3 pasos por respiración. Los estudios de JABLONSKI y cols. demostraron que la carrera al ritmo de 4 pasos (inspirar durante 4 pasos, espirar durante 4 pasos) es adecuada para el entrenamiento preventivo. De esta forma, se queda por debajo del umbral anaeróbico. Una carrera al ritmo de 3 pasos produce intensidades de carga clara-

Tabla 39. Rendimiento práctico-deportivo semanal en relación al peso corporal basado en el programa preventivo óptimo.

Actividad deportiva	Peso corporal		
	60 kg	70 kg	80 kg
Carrera lisa (v = 1000 m/5 min)	48 km o 4 h	41 km o 3 h 25'	36 km o 3 h
(v = 1000 m/7 min)	53 km o 6 h 10'	45 km o 5 h 15'	40 km o 4 h 40'
Natación estilo brazo (a máxima v posible)	5 h	4 h 45'	3 h 50'
Bicicleta (v = 1000 m/4 min)	8 h o unos 120 km	7 h 10' o unos 110 km	6 h o unos 95 km

mente más allá del UAn en el caso de los no entrenados. Para los entrenados se sitúan cerca del UAn.

Generalmente se ha de mencionar que el correr con un ritmo respiratorio se ha de practicar varias veces antes de alcanzar con ello un control satisfactorio de la carga.

Contenidos del entrenamiento preventivo

La resistencia de base se puede adquirir sin especialización. Por esta razón se recomiendan en el fondo todas las formas cíclicas de desplazamiento, siempre que impliquen más de una sexta parte de la musculatura esquelética y que se realicen durante un mayor tiempo. Desde la perspectiva del desgaste calórico (fig. 49) se han de mencionar como especialmente indicados y efectivos:

Correr, marcha cuesta arriba (también con palos de esquí), esquí de fondo, esquí sobre patines, patinaje de velocidad, remo (también en forma de aparato de musculación doméstico), ciclismo y natación.

También se ofrecen los juegos, si las interrupciones se pueden mantener lo más corto posible o bien si el terreno es plano (según el caso: cambio de reglamento). Ejemplos: fútbol, badminton, balonmano, hockey sobre hierba y sobre hielo. Efecto de entrenamiento sólo tiene el tiempo real de carga, durante la que se supera la frecuencia cardíaca mínima. Esto implica a menudo tiempos de juego de 2-3 veces más largos que los tiempos de carga necesarios en la carrera. Por esta razón se excluyen los siguientes deportes por no reunir las condiciones de tiempo de un entrenamiento de base: por ejemplo, tenis, tenis de mesa, balonvolea y balón-puño.

En la tabla 40 volvemos a especificar la diferencia cualitativa entre el efecto preventivo de la carrera y de otros deportes populares de ocio.

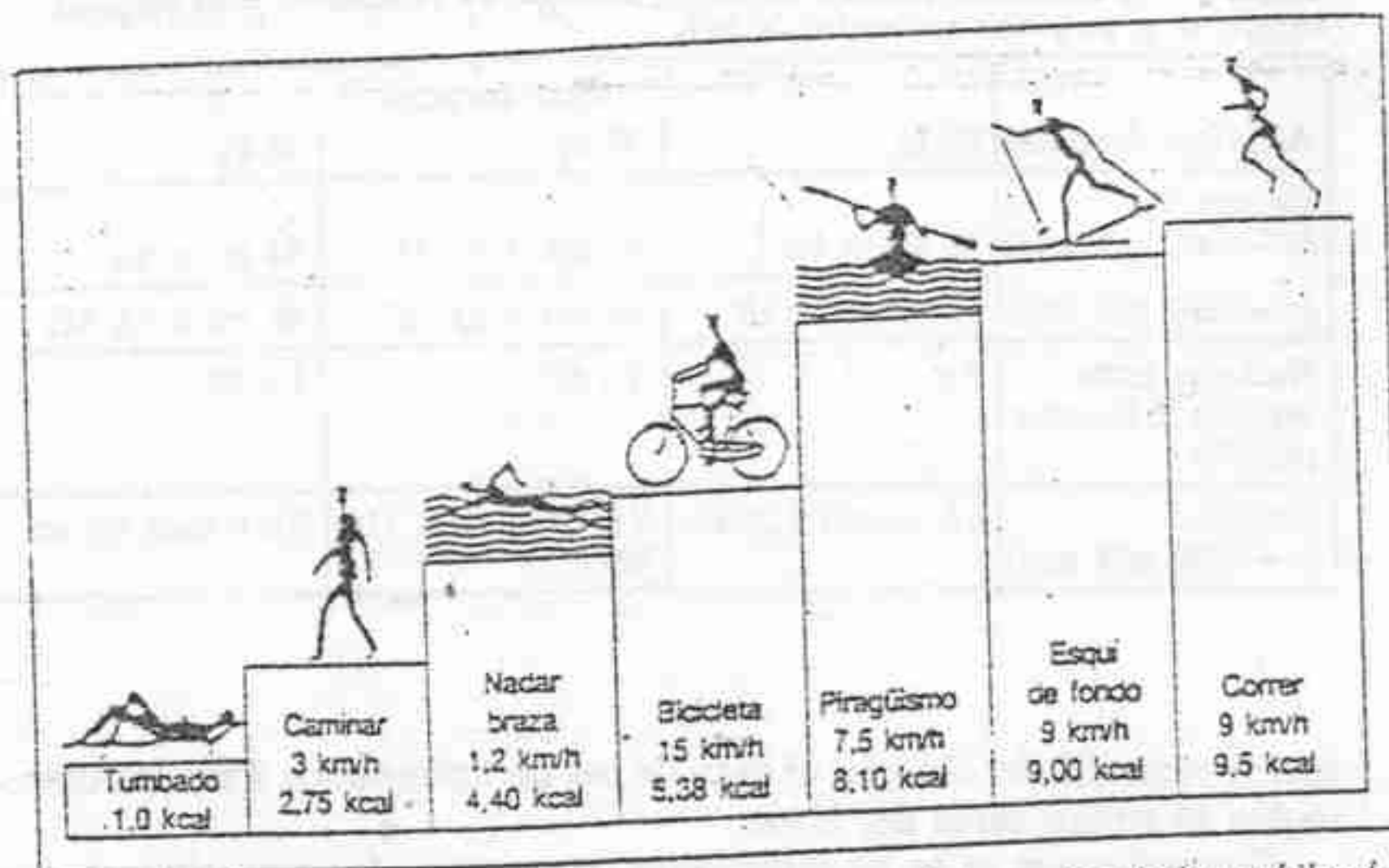


FIGURA 49: Gasto de calorías en diferentes actividades físicas (gasto de calorías en kilocalorías por 1 kg del peso corporal en 1 hora).

Tabla 40. Valores preventivos de 3 deportes. Los criterios son: 1. Incremento de la reserva coronaria de O_2 . 2. Incremento de la capacidad oxidativa general. 3. Efecto preventivo sobre la sangre. 4. Efectos sobre el sistema vegetativo y endocrino. 5. Valor de recuperación y relajación (Valor antiestrés). 6. Dosificabilidad (MELLEROWICZ, 1981).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Suma
Carrera continua (deporte tipo A)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	18+
Voleibol (deporte tipo S)	+	+	?	+	+++	+	7+
Navegar a vela (deporte tipo V)	○	○	○	+	+++	○	4+

RB I en el deporte de rendimiento

(Modalidades que no sean de resistencia.)

Objetivos y tipos de deportes

Todos sabemos que los deportes de rendimiento en modalidades de fuerza, velocidad y de tipo compositario requieren una cierta «resisten-

cia» para poder superar sin bajar el rendimiento una elevada cantidad de entrenamiento, campeonatos largos y el estrés competitivo.

Esta capacidad de resistencia comúnmente denominada «resistencia específica» es en nuestra opinión la típica resistencia de base I. Esto indica tanto su línea de actuación (capacidad de recuperación!) como los parámetros biológicos ejemplares como la $VO_{2\text{máx. rel.}}$ (tabla 18) y el UAn (aproximadamente un 70-75%) de las correspondientes modalidades.

La RB I se necesita, por ejemplo, en los deportes: halterofilia, gimnasia deportiva, patinaje artístico, esquí alpino, modalidades atléticas de velocidad, salto, lanzamiento y pluridisciplinarias.

Contenidos y volumen

El programa de entrenamiento se debe orientar siempre en el programa preventivo mínimo (60 minutos de carga por semana) para obtener un efecto de adaptación. Esto requiere una sesión de entrenamiento semanal con formación central de la RB (30-45 minutos) y 1-2 medidas complementarias (12-15 minutos) dentro de otras sesiones de entrenamiento.

Un enfoque en el programa óptimo sería deseable por su efecto fisiológico, pero el entrenamiento de la resistencia de base en estos deportes no debe perjudicar el perfeccionamiento de importantes capacidades de la condición física. Un volumen elevado (por ejemplo, 3 horas por semana) podrían tener, por ejemplo, en el sprint y en la halterofilia, efectos negativos para la estructura de las fibras musculares esqueléticas (acentuación a favor de las fibras ST y FTO). Por la misma razón no se aplica exclusivamente el método continuo extensivo sino que también el método interválico extensivo con IM (sobre todo en los circuitos) y el método interválico intensivo con IC extremos y con elevado volumen (objetivo primordial del entrenamiento: mejoramiento de la capacidad metabólica aeróbica).

Puesto que entre los efectos del entrenamiento de la resistencia de base también debe constar la modificación de la musculatura esquelética específica de la modalidad se ha de cuidar la implicación adecuada de estos músculos a la hora de seleccionar los ejercicios. Ejercicios importantes e indispensables para algunos deportes (por ejemplo, halterofilia, lanzamientos atléticos) son por esto, además del correr también el esquí de fondo, natación, saltar la cuerda, circuitos, remo, etc. Sin embargo, el gesto específico de la modalidad no se ha de utilizar. La tabla 41 da un ejemplo sobre la evolución de la resistencia en la halterofilia, donde se emplean los métodos y diferentes contenidos antes mencionados.

El entrenamiento de la resistencia de base se ha de realizar dentro del marco de la periodicidad anual a lo largo de unos 3 meses para alcanzar suficientes mejoras (aproximadamente un 10%).

La intensidad se controla mejor a través de la velocidad de desplaza-

Tabla 41. Ejemplo de cargas de entrenamiento para desarrollar la resistencia de base en la halterofilia (Tschernjak/Buincinow, 1978).

Ejercicios	1.ª semana		2.ª semana		3.ª semana		4.ª semana		Total
	Repeti- ciones	Inten- sidad relativa (%)	Repeti- ciones	Inten- sidad relativa (%)	Repeti- ciones	Inten- sidad relativa (%)	Repeti- ciones	Inten- sidad relativa (%)	
Carreras (m)									
30	1	97	1	97	2	97	1	97	150
60	1	97	1	97	3	97	2	97	420
100	2	92	2	92			2	92	600
300					2	85			600
400			2	85					800
Series 100, 200, 300	1	80			1	80			600
Series 100, 200, 300, 200, 100			1	80			2	80	900
Series 100, 200, 300, 400							1	70	1000
800	1	70	1	70	1	80	1	85	3200
1000					12				4000
Lanzamientos de peso (número):	10		10		400 + 300		400 + 300		44
Salto de cuerda (repeticiones):	200 x 2		300 x 2		250 x 150		300 + 200		2400
Natación (m):	150 x 2		200 x 2						1600

Observaciones: Intensidad relativa-relación entre tiempo en el entrenamiento y marca personal (%).

miento que mediante la frecuencia cardíaca. No obstante, en ambos casos es imprescindible conocer los U_A y U_{An} para poder dosificar con exactitud.

Entrenamiento de la resistencia de base II (RB II)

(Modalidades de resistencia.)

Objetivos:

- Crear un punto de partida estable para el entrenamiento específico de las distintas modalidades de resistencia.
- Acceso a nuevas reservas para mayores incrementos del rendimiento.

Esto significa a nivel biológico:

- una capacidad aeróbica relativamente elevada ($VO_{2\text{máx.}}$),
- vía mixta aeróbica-anaeróbica dentro o por encima del ámbito crítico de velocidad (= velocidades en y encima del U_{An}).

El *entrenamiento-RD-II* afecta a ya *entrenados y deportistas de rendimiento* (fig. 45) y se ubica en el ámbito evolutivo (fig. 46). Para seguir desarrollando la capacidad aeróbica dentro de la RB II debemos aprovechar también el *ámbito evolutivo II* (6-8 mmol/l de lactato), además de la *TAA_n* (3-4 mmol/l de lactato). No obstante, esto sólo se realizará en el marco del entrenamiento global 1-2 veces por microciclo.

Métodos de entrenamiento

Los métodos de entrenamiento apropiados para mejorar la RB II son:

- método continuo intensivo,
- método continuo variable,
- método interválico extensivo con IL ,
- método interválico extensivo con IM ,
- método de repeticiones con IL .

La *combinación* de estos métodos y la *intervención* de cada uno se orienta en primer lugar en la modalidad de resistencia.

Mediante algunos ejemplos queremos enseñar las formas de entrenamiento o bien intensidades de carga, donde se realiza el entrenamiento de RB II.

- *Carreras atléticas de medio fondo (800-3.000 m)* (tabla 42): carrera continua de mediana intensidad (70-90%) y carrera de velocidad de baja intensidad (hasta el 85%; = método de repeticiones con IL) para la TAA; carrera continua muy intensa (superior al 90%) y carrera de velocidad de mediana intensidad (85-90%; = método de repeticiones con IL) para el ámbito más allá del UAn).
- *Remo* (tabla 43); se utilizarán las categorías de carga III y IV.
- *Natación* (tabla 44): por una parte «entrenamiento del volumen propulsivo» y «entrenamiento aeróbico máximo» y por otra el «entrenamiento de la tolerancia láctica», ambos aquí al servicio del entrenamiento de la resistencia de base II.

Contenidos y volumen

La adquisición de la *RB II* guarda estrecha relación con el gesto deportivo concreto o al menos con ejercicios de estructura parecida debido al elevado nivel de la capacidad aeróbica; dado que a nivel de la musculatura esquelética ya se efectúan adaptaciones decisivas. De ello deriva la realidad práctica del entrenamiento que justamente los corredores entrenan su resistencia de base II corriendo, los nadadores, nadando, los ciclistas, yendo en bicicleta, los patinadores, patinando, etc.

En ello se incluye el entrenamiento con aparatos imitadores (por ejemplo, el remo-ergómetro, patinaje de esquí) y con circuitos específicos (= entrenamiento en circuito con ejercicios especiales). Se apoya en la afinidad estructural de los ejercicios.

El volumen anual del entrenamiento en los ámbitos evolutivos I y II varía mucho en función del deporte, del tipo específico de resistencia (RDC, RDM, RDL) y del nivel de entrenamiento (de base, de perfeccionamiento, de rendimiento).

Esta afirmación se apoya de forma ejemplar en los siguientes casos:

- Una corredora rumana de 1.500/3.000 m de nivel internacional realizó durante tres años de perfeccionamiento unos 15.000 km de carrera de los que un 38% se situó en intensidades de 4-8 mmol/l de lactato, un 55% por debajo de 4 mmol/l y un 6% aproximadamente por encima de 8 mmol/l.
- Una rusa, campeona olímpica de medio fondo entrenó durante los últimos 9 meses previos a su victoria un total de 3.277 km con la siguiente distribución de intensidades: 90% con 4 mmol/l de lactato, 7-8% en el ámbito de los 4-8 mmol/l, 3% por encima de 8 mmol/l (CRET, 1987, 77).
- Durante el entrenamiento de remo de pesos ligeros, el porcentaje de la categoría de intensidades III (4-6 mmol) sufrió los siguientes cambios: período preparativo general, 0%, período preparativo específico, aproximadamente un 25%, período competitivo de desarrollo

Tabla 42. Catálogo específico de carga para el entrenamiento de profundización (de cada sesión de entrenamiento) de la carrera de medio fondo. Las indicaciones se basan en programas ejemplares. La intensidad de las carreras de velocidad se orienta en la velocidad de competición prevista (fuente: PONTAR, 1986, 1443).

Modalidad	Carrera continua		Carreras de velocidad			Entrenamiento con distancias más cortas
	Baja intensidad, hasta 70%	Mediana intensidad, 70-90%	Baja intensidad, hasta 85%	Mediana intensidad, 85-95%		
800 m	4-6 km, aproximadamente 40 minutos	10-15 km	4-6 veces los 1000 2-3 veces los 2000	3-4 veces los 1000 3-5 veces los 600 8-10 veces los 300		6 veces los 200-300-250-200-150
1500 m	6-8 km aproximadamente 40 minutos	12-16 km	5-6 veces los 1000 3 veces los 2000	3 veces los 1600 4 veces los 1200 8-10 veces los 500		6 veces los 300-150-300-600-300-150
3000 m 2000 obstáculos	6-8 km Aproximadamente 40 minutos	12-20 km	6-8 veces los 1000 3-4 veces los 2000	2 veces los 3000 3 veces los 2000 6 veces los 1000		6 veces los 400-400-600-1000-600-400

Tabla 43. Estructura y métodos de cargas en el entrenamiento del remo (fuente: FARRSCH, 1981).

Ámbito estructural, categoría	Intensidad	Volumen dentro de la intensidad prevista	Duración del estímulo singular en min	Densidad (tiempo de descanso) en min	Número de repeticiones	Formación de lactato en mmol/l	Ejemplo	Efecto	Métodos (según ILKAE)
I	103-110%	5-8	0,5-1,5	2-15	3-8 x	> 10	6 x 40 propulsiones (con la pala) desde parado y con máxima frecuencia 1-3 x 500 m a tiempo con salida	Desarrollo de - Capacidad anaeróbica - Capacidad de salida y de sprint - Velocidad máxima	Método de repeticiones, método competitivo y de control
II	98-100%	15-20	2-5	2-15	4-6 x	4-10	6 x 2 min propulsión recta 4 x 4 min propulsión recta con sprint 3 x 1000 / 1500 m sin sprint de salida	- Capacidad táctica - Sensibilidad para la velocidad de carrera - Coordinación	Método interválico intensivo, método competitivo y de control
III							4 x 7 min 2-4 propulsiones inferior a máx. 3 x 2000 m sin sprint de salida 2-4 propulsiones inferiores a máx.	- Capacidad aeróbica - Fuerza - resistencia - Táctica - Coordinación entre el equipo	Método interválico extensivo, método competitivo y de control
V	70-80 %	30-100	30-100	-	1 x	2,5-3,5	2 x 20 min a máxima fuerza, frecuencia de propulsiones cambiando entre 18-28 3 x 5 km 4-6 propulsiones inferior a máx. 10 km a tiempo	- Capacidad aeróbica - Fuerza - resistencia	Métodos continuos, preferentemente método variado
VI	-70%	30-150	30-40	Libre	1 x	-2,5	Trabajo de largas distancias con 10-12 propulsiones inferior a máx., por ejemplo, 25 km con frecuencia de propulsiones de 21-25 15-30 km libre Entrenamiento de la técnica	- Estabilización y restauración del nivel aeróbico - Coordinación	Métodos continuos, preferentemente método constante, fartlek
								- Regeneración - Coordinación (técnica) - Formación de la voluntad	- Fartlek, método constante

- Ámbito evolutivo II

- Ámbito evolutivo I

Tabla 44. Ámbitos de intensidad en el entrenamiento de natación.

Ámbito de intensidad	Denominación	Método	Intensidad de carga	Ejemplo
1	«Entrenamiento del volumen de propulsiones»	Método interválico extensivo (sistema de series)	85%, FC máx.	25-800 m Descanso de 5-60 s Descanso entre series de 1-3 min
2	«Entrenamiento aeróbico máximo»	Método continuo variable (con descansos ultracortos)	60-80%, FC máx.	40 x 25 m Descanso de 5-10 s
		Método interválico intensivo	90-95%, FC máx.	20 x 50 m Descanso de 30 s
4	«Entrenamiento de la velocidad de carrera»	Método de repeticiones siguiendo el principio de las series	100%, FC máx.	4 x 25 m 3 series Descanso de 10-20 s Descanso entre series de 2 min
5	«Entrenamiento de la velocidad»	Método de repeticiones	100%, FC máx.	10 x 12,5 m 4 series Descanso de 30 s Descanso entre series de 2 min

- Ámbito evolutivo I

- Ámbito evolutivo II

de la forma física, 50-60% (datos calculados en base a FRISTCH, 1981).

Entrenamiento de la resistencia de base acíclica (RB acic.)

(Deportes colectivos y de lucha.)

Objetivo:

- Creación de un nivel de resistencia suficiente para los volúmenes de carga relativamente elevados con carácter interválico de los deportes colectivos y de lucha.
- Familiarización con el frecuente cambio de la forma de movimiento en combinación con modificaciones de la carga.

Esto significa a nivel biológico:

- capacidad aeróbica superior a la normal ($\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ entre 55-60 ml/kg/min),
- capacidad de alternar rápidamente entre las vías anaeróbico-alac-tácida, anaeróbico-lactácida y aeróbica,
- cambios de las estructuras del movimiento (programas motores).

La resistencia de base acíclica se sitúa entre RB I y II en cuanto a las exigencias aeróbicas. Esto demuestra por una parte los valores de $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ (tabla 18) de jugadores de fútbol, balonmano y hockey sobre hielo y por otra las velocidades de carrera cerca del UAn (fig. 50), que alcanzan aproximadamente los 14 km/h en el ejemplo de jugadores de la primera división alemana (FÖHRENBACH y cols., 1986, 115).

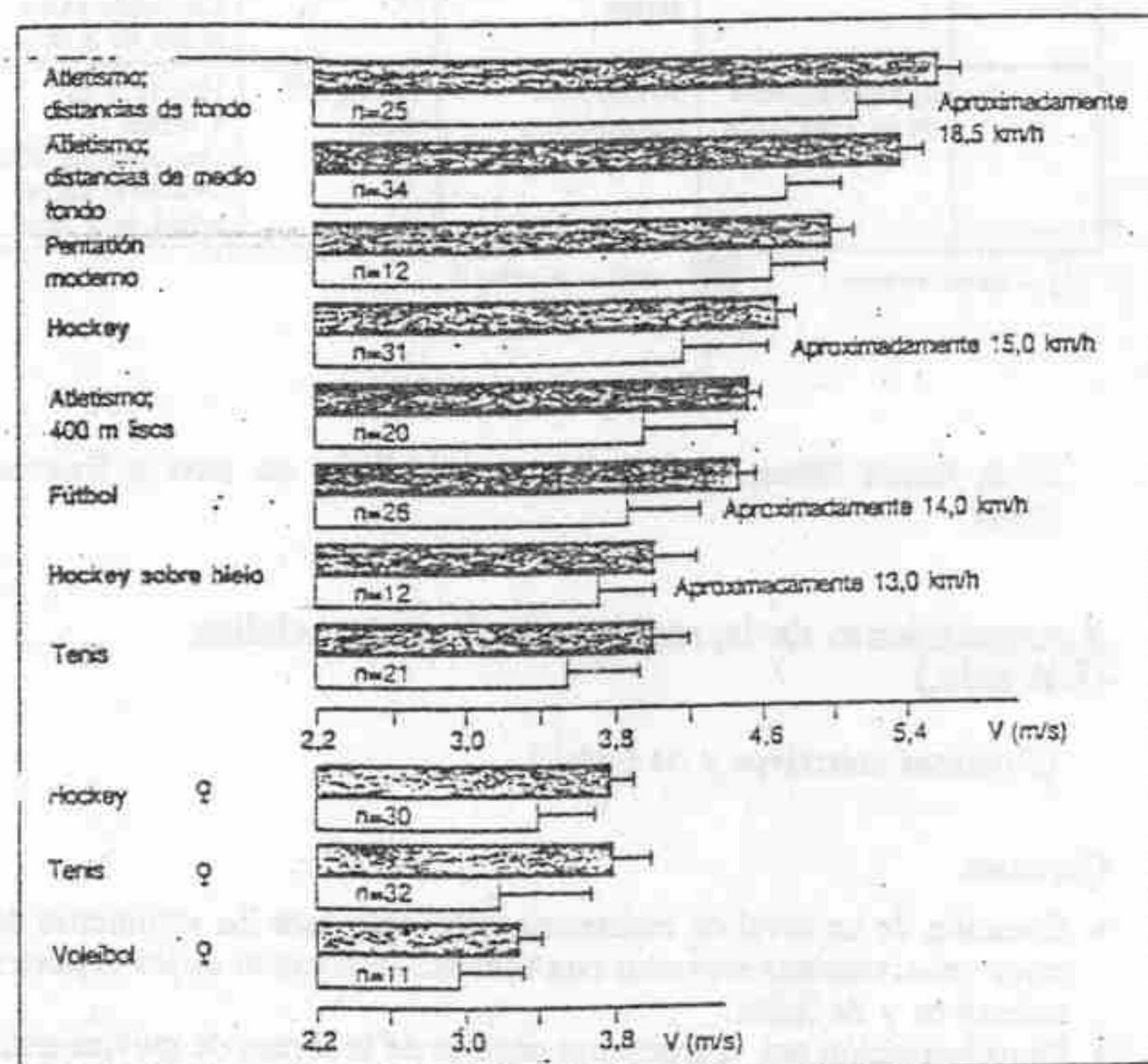


FIGURA 50: Velocidades de carrera (v en m/s) en el umbral anaeróbico (UAn). Promedios y varianzas de cada deporte, igual que de los 5 atletas de élite de cada modalidad (franja oscura) en cargas de tapiz rodante.

La resistencia de base acíclica se requiere sobre todo en los juegos deportivos fútbol, balonmano, hockey sobre hielo, hockey sobre hierba, waterpolo, baloncesto, badminton y voleibol y los deportes de lucha boxeo, lucha, judo y esgrima.

En los juegos deportivos, a menudo no se dispone de suficiente tiempo dentro de la periodización del entrenamiento para dedicar a la RB, debido a circunstancias externas (por ejemplo, temporada de partidos demasiado larga y con gran densidad de competiciones).

Para alcanzar mejoras reales se ha de prever durante la fase del entrenamiento forzado de la resistencia con un volumen semanal efectivo de 2-3 horas y con un ciclo de entrenamiento de 8-12 semanas.

El entrenamiento que se solía practicar de una duración inferior es evidentemente una solución de compromiso más o menos buena entre necesidades y posibilidades reales. Los jugadores de primera división, sin embargo, deberían alcanzar su valor normalizado de RB antes de entrar en esta categoría superior, es decir, durante el entrenamiento de perfeccionamiento de la categoría anterior.

Para alcanzar un nivel suficiente también basta con una sesión de entrenamiento por semana en combinación con el entrenamiento normal (de la velocidad, táctica/técnica).

Durante la temporada de partidos, el entrenamiento de la resistencia tiene primordialmente un carácter regenerativo y no constituye la continuación del desarrollo de la resistencia de base acíclica.

-Este problema no es tan latente en los deportes de lucha. Aquí se puede partir de una periodización óptima.

Métodos, contenidos y volumen

Métodos de entrenamiento que se aproximan más al carácter inter-válico y a los fuertes cambios de la intensidad son los siguientes:

- método continuo variable,
- método interválico intensivo con IC extremos,
- método interválico intensivo con IC (sobre todo en los circuitos).

A pesar que también se utilice el método continuo extensivo para el entrenamiento de la resistencia de base en los deportes colectivos y de lucha, este método sirve más para la regeneración y estabilización del nivel general de condición física que para desarrollar la resistencia de base acíclica.

A pesar de que las competiciones tengan una estructura de carga acíclica se debería de entrenar la resistencia de base acíclica mediante movimientos cíclicos. No obstante, se han de emplear movimientos muy cercanos a la modalidad deportiva:

- en el fútbol: correr y saltar,

- en el balonmano: *correr y lanzar*,
- en el voleibol: *saltar y rematar*,
- en el baloncesto: *correr + saltar + lanzar*,
- en el waterpolo: *nadar*,
- en el hockey sobre hielo: *patinaje de velocidad o bien roller-skating*.
- en el boxeo: *correr, saltar cuerda, boxeo contra saco de arena, boxeo contra sombra*,
- en la lucha y el judo: *gimnasia de suelo sencilla y circuitos*,
- en la esgrima: *ejercicios de correr, saltar y golpear*, etc.

De esta forma a la vez se estabilizan las destrezas básicas y, sobre todo, se mejora la economía del movimiento.

Especial importancia adquiere el *entrenamiento en circuitos* (con carga interválica intensiva), siempre que se puedan incluir *ejercicios específicos y elementos del movimiento competitivo*. Ellos permiten dosificar muy bien los cambios necesarios de los grupos musculares y el diseño de los componentes de las cargas (duración, extensión de las pausas).

Debido a la desigualdad de cargas, el *control de la intensidad* sólo se puede efectuar a través de la *frecuencia cardíaca o bien el número de repeticiones* por unidad de tiempo o en forma de la *percepción del lactato*, si existe como tal. No obstante, se ha de establecer previamente la cantidad de lactato para cada ámbito de carga. El *entrenamiento cíclico de la RB* se sitúa sobre todo en el *ámbito evolutivo I (TAAn)*.

Entrenamiento de las formas específicas de resistencia (RDC, RDM, RDL I-IV)

El *desarrollo y sobre todo la manifestación* de un determinado tipo de resistencia requiere una estructuración del entrenamiento a largo plazo que incluye el *paso escalonado* de diferentes niveles de desarrollo (entrenamiento de base, perfeccionamiento y de rendimiento) y un *procedimiento cíclico* dentro del proceso de medio a corto plazo (período preparatorio general, específico, período competitivo que desarrolla la forma física y período competitivo que mantiene la forma física). Ello implica un fuerte cambio de los métodos de entrenamiento, puesto que se relevan *fases de entrenamiento de la RB-II con fases de perfeccionamiento de la resistencia específica o bien de la forma físico-competitiva*.

Aquí sólo nos centraremos en los métodos que se han de aplicar para perfeccionar tipos específicos de resistencia.

Para la *metodología del entrenamiento de la RB* era típico globalmente la selección de *métodos de entrenamiento con efecto análogo* (economización del nivel funcional, desarrollo de la capacidad aeróbica, es-

tabilidad funcional), pero para el entrenamiento de los tipos específicos de la resistencia se aplican más los *métodos* que consiguen una *transformación del nivel de RB-II a la resistencia específica* o bien que implican una *carga compleja* (en cuanto a la condición física, la coordinación/técnica del movimiento, la psique).

Para *transformar el nivel de RB* se aplica tanto el principio de «sumar cargas concretas más cortas» como el de «cargas paracompetitivas de mayor duración».

«Sumar cargas concretas más cortas» significa:

- *intensidad de carga paracompetitiva* con desviaciones alrededor del $\pm 5-10\%$,
- *menor duración de las cargas singulares* que en la competición (entre el 40 y el 75%), procurando una aproximación a la duración en competición,
- *carga total mucho mayor* a la competición sumando las cargas singulares (2-5 veces mayor).

Para lograrlo se pueden utilizar *métodos interválicos y de repetición*. Ejemplo: un corredor de 800 m lisos con una marca personal de 1:50 minutos corre los 6 x 400 m del método interválico intensivo en tiempos de 53,5 seg (= 103% de la intensidad de competición), 55 seg, 55 seg, 56,5 seg, 56,5 seg y 57,7 seg (= 95% de la intensidad de competición). La carga total se incrementa así 3 veces.

Las «cargas paracompetitivas de mayor duración» significan:

- *Prolongación del tiempo de carga* en 50-150% frente al de la competición.
- *Intensidad paracompetitiva a lo largo de distancias parciales* (menores que las distancias de la competición) e intensidad reducida en los recorridos intermedios.

Para ello se pueden aplicar el *método continuo variable* y los *métodos interválicos*.

Ejemplo: Un fondista de los 5.000 m supera unos 8 km con el método continuo variable, alternando trayectos a velocidad de competición con otros a una velocidad que sea del 6-8% inferior. O bien: Un nadador de los 400 m nada un total de 1.000 m empleando su velocidad de competición sobre trayectos de 150-200 e intercalando descansos activos.

El entrenamiento de los tipos de resistencia específica con los métodos de carga correspondientes abarca *además del ámbito las fases fundamentales y de desarrollo también el ámbito límite del desarrollo de la resistencia* (fig. 46). Se entrena entonces al 95-100% del rendimiento máximo actual, alcanzándose valores de lactato superiores a 7-8 mmol/l.

No obstante, la *incidencia de estas «cargas límite»* dentro del volu-

men anual sólo se sitúa en un promedio del 10%, aproximadamente. El 20-30% se realiza en la fase de desarrollo, el 60-70%, en la fundamental (BÄDTKE y cols., 1987, 364). Los «métodos de sobreacidez» no se pueden aplicar continuamente. Requieren mayores tiempos de regeneración o bien medidas de regeneración ya que si no se perjudicaría la capacidad aeróbica (destrucción de mitocondrias).

Métodos de entrenamiento de la RDC

En función de los factores decisivos para el rendimiento, los objetivos del entrenamiento de la RDC se centran primordialmente en:

- La mejora de la *capacidad anaeróbica* con sus aspectos parciales: *disponibilidad energética de los depósitos de fosfato, producción de lactato, capacidad de amortiguamiento y tolerancia a la acidez*, en combinación con una elevada *activación psíquica* (liberación de catecolaminas).

En este contexto, las *vías energéticas alactácida* (fosfatos ricos en energía) y *lactácida* (grado de glucólisis) son más decisivas durante los primeros tiempos (35-45 seg) y en los tiempos superiores 90 seg-2 min) más la tolerancia para la acidez. Los valores máximos de lactato se observan en los corredores de 400 y de 500 m. Se sitúan alrededor de 25 mmol/l (KINDERMANN/KEUL) con un valor correspondiente de pH de 6,9. La sobreacidez es inferior (aproximadamente, 20 mmol) en el patinaje de velocidad (500 m) y en la natación (100 m) lo que debe estar en función de una utilización incompleta de la glucólisis anaeróbica (en el patinaje de velocidad, debido a sus efectos negativos para la técnica de carrera).

Métodos apropiados para estos objetivos del ámbito anaeróbico y que además se han de aplicar entremezclados de una determinada forma, son los siguientes:

- método interválico intensivo con IC extremos,
- método de repeticiones con IC,
- método de cargas concretas específico-competitivas en distancias inferiores (5-10% por debajo de la distancia de competición)
objetivo principal: incremento de los depósitos de fosfato y elevada producción de fosfato,
- método interválico intensivo con IC,
- método de repeticiones con IM,
- método de cargas concretas específico-competitivas en distancias superiores (10% superior a la distancia de competición)
objetivo principal: mejora de la producción de lactato y de su tolerancia.

Otro objetivo del entrenamiento de la RDC es:

- La conservación o bien el incremento de la *capacidad aeróbica*.

Del total de la energía producida, un promedio del 20-35% es de tipo aeróbico. Además no debemos olvidar que en trabajos de RDC de elevado nivel (por ejemplo, 800 m lisos por debajo de 1:45 min o bien de 2:00 min en las mujeres) la parte aeróbica adquiere una importancia mucho mayor para el rendimiento final que la capacidad anaeróbica.

En ello encajan los métodos del entrenamiento de la RB-II, sobre todo el método continuo intensivo y el método interválico extensivo con IL.

Métodos del entrenamiento de la RDM

En este ámbito temporal será la *capacidad aeróbica* la que obtendrá un papel decisivo para la capacidad de rendimiento. Se implicará al 100%, por lo que el sistema de transporte de oxígeno (cardiovascular) incluyendo la capilarización serán de mucha importancia. Además se requiere un buen desarrollo de la utilización del glucógeno.

Los métodos de entrenamiento que fomentan sistemáticamente estas características son:

- método continuo intensivo,
- método interválico extensivo con IL,
- método interválico extensivo con IM.

En el ámbito anaeróbico, la tolerancia para el lactato frente a concentraciones elevadas hasta máximas es más decisiva que su producción, sobre todo con una duración de la carga superior a los 4 minutos. Para desarrollar estas capacidades se indican:

- método interválico extensivo con IM,
- método interválico intensivo con IC,
- método de repeticiones con IL,
- método de cargas concretas específico-competitivas en distancias inferiores (20%).

Globalmente es decisiva para el ámbito de la RDM la combinación de métodos de orientación aeróbica y anaeróbica en una relación apropiada. Esta relación queda determinada por la modalidad deportiva (por ejemplo, 1.500 m lisos, 3.000 m obstáculos, remo, 5.000 m patinaje) y la capacidad individual aeróbica o bien anaeróbica ya existente.

La tabla 43 expone un ejemplo de esta aplicación de métodos en el remo.

Métodos del entrenamiento de la RDL

Para todos los tipos de la RDL son de importancia fundamental la *capacidad aeróbica* ($VO_2\text{máx.}$) y su *alto porcentaje de aplicación* (= elevado UAn); salvando una acentuación diferenciada.

Por ello se aplicarán para el entrenamiento de todos los tipos de RDL los métodos indicados para mejorar el $VO_2\text{máx.}$ Según si es más importante el $VO_2\text{máx.}$ o el nivel del UAn también tendrán preferencia los métodos apropiados para subir el UAn frente a los otros.

Además, se ha de tener en cuenta la vía energética característica a la hora de seleccionar métodos. Por esta razón se suman otros métodos en cada tipo de RDL.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos se puede elaborar un cierto *orden de preferencia según la importancia*.

RDL I:

- *método continuo intensivo* (metabolismo de glucógeno, compensación láctica, mejora del $VO_2\text{máx.}$),
- *método interválico extensivo con IL* (desarrollo del corazón del deportista y capilarización),
- *método continuo variable* (adaptación a nivel de la vía energética aeróbica),
- *método interválico extensivo con IM* (trabajo cardíaco),
- *método de repeticiones con IL* (3-8 min; vía energética mixta aeróbico-anaeróbica, compensación láctica).

Ejemplos de entrenamiento (WESSINGHAGE, 1987) para un microciclo respectivo de los periodos de competición (I y II) de un fondista de los 5.000 m dan una impresión de la aplicación específico-deportiva (tabla 45).

RDL II:

- *método continuo intensivo* (elevar el UAn; aumento de los depósitos de glucógeno, mejora del $VO_2\text{máx.}$),
- *método interválico extensivo* (lipólisis),
- *método continuo variable* (adaptación de transformación energética, mejora del $VO_2\text{máx.}$),
- *método interválico extensivo con IL* (hasta de 15 min; oxidación de glucógeno, mejora del $VO_2\text{máx.}$),
- *método de cargas concretas específico-competitivas en distancias inferiores*.

La tabla 46 ofrece una aplicación resumida procedente del ciclismo (30-50 km contra reloj).

RDL III:

- *método continuo extensivo* (superior a 2 horas; lipólisis, economización del trabajo cardiovascular),
- *método continuo intensivo* (mejora del $VO_2\text{máx.}$, elevación del UAn, multiplicación de los depósitos de glucógeno),
- *método de cargas concretas específico-competitivas en distancias inferiores* (aproximadamente el 50% de la distancia de competición; familiarización con la carga de competición),
- *método continuo variable y*
- *método interválico extensivo con IL (3-15 min)* (mejora de la capacidad aeróbica).

Las figuras 51 y 52 enseñan formas de entrenamiento del maratón basadas en los métodos de entrenamiento mencionados.

Tabla 45. Ejemplos de entrenamiento de una semana durante el periodo de competiciones I y II (fuente WESSINGHAGE, 1987).

Forma de entrenamiento	Objetivos del entrenamiento	Recomendaciones para su realización	Frecuencia semanal
Durante el periodo de competiciones I			
Carrera continua	Resistencia aeróbica	Unos 45 min a velocidad mediana	2 veces
Fartlek	Resistencia aeróbica y anaeróbica	Por ejemplo, 20-30 min. de programa básico; cada 10 min carrera suave inicial y final	1 vez
Entrenamiento en pista (entrenamiento interválico extensivo)	Resistencia anaeróbica y aeróbica	Por ejemplo: totalidad de las secuencias de carga: 5-7 km, a velocidad superior que la de carrera de 10000 m; descansos a trote; 10 min carrera suave inicial, carreras de coordinación; 10-15 min carrera suave final	1 vez
Entrenamiento en pista (entrenamiento interválico intensivo)	Resistencia anaeróbica (y aeróbica)	Por ejemplo: totalidad de las secuencias de carga; 4-6 km, a velocidad superior y descansos más largos que en el entrenamiento interválico ext.; 10 min carrera suave inicial, 15 min carreras de coordinación; 15 min carrera suave final	1 vez

Tabla 45. (Continuación). Durante el periodo de competencias II.

Carrera continua	Resistencia aeróbica	Unos 40 min a velocidad tranquila	2 veces
Fartlek	Resistencia aeróbica y anaeróbica	Por ejemplo, 20-25 min de programa básico, con secuencias de carga intensiva y descansos en trote relativamente largos; adicionalmente cada 10 min carrera suave inicial y final	1 vez
o: Entrenamiento en pista entrenamiento intervalo intensivo)	Resistencia anaeróbica y aeróbica	Por ejemplo: 5-8 repeticiones a velocidad relativamente elevada, descansos de 3-4 min; 25 min carrera suave inicial y ejercicios de coordinación; 15 min carrera suave inicial	1 vez
Entrenamiento en pista (carreras de velocidad siguiendo el principio de las repeticiones)	Resistencia anaeróbica	Por ejemplo: 3-4 repeticiones a velocidad muy elevada, distancias entre 600 y 2000 m; descansos largos; 25 min carrera suave inicial y ejercicios de coordinación; 15 min, carrera suave final	1 vez
o: Carrera continua de velocidad (carrera de control)	Resistencia aeróbica y anaeróbica; sirve para comprobar el nivel de entrenamiento, realizándolo regularmente	Por ejemplo, 15 min a velocidad de 10000 m; cada 20 min, carrera suave inicial y final	1 vez

Tabla 46. Métodos de entrenamiento de la resistencia en el ciclismo (KONOPKA, 1987).

Métodos de entrenamiento	Contenidos de entrenamiento	Ámbitos de intensidad
Método continuo	Velocidad constante durante largas distancias ligeros cambios de velocidad o fartlek según el terreno	I-III II-III
Método intervalico	Intervalos largos (más de 10 min) Intervalos medianos (2-10 min) Intervalos cortos (45 s-2 min)	IV V VI
Método de repeticiones	Carreras a velocidad de competición o superior	VI
Método de competiciones	Competiciones	IV-V

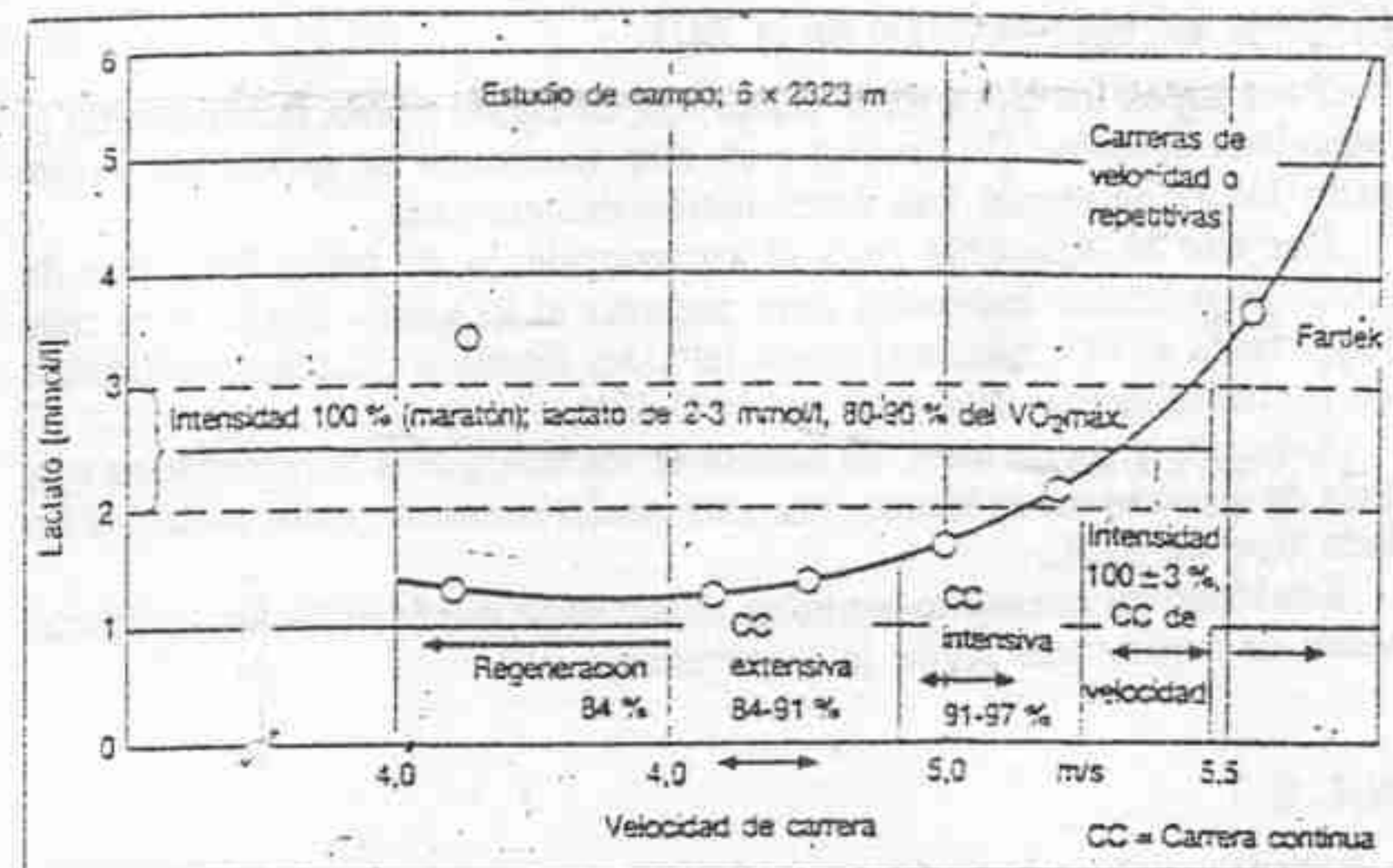


FIGURA 51: Posibilidades para planificar la carga de entrenamiento mediante la curva velocidad-lactato, relacionando las denominaciones conocidas de la teoría del entrenamiento (FÖHRENBACH y cols., 1985).

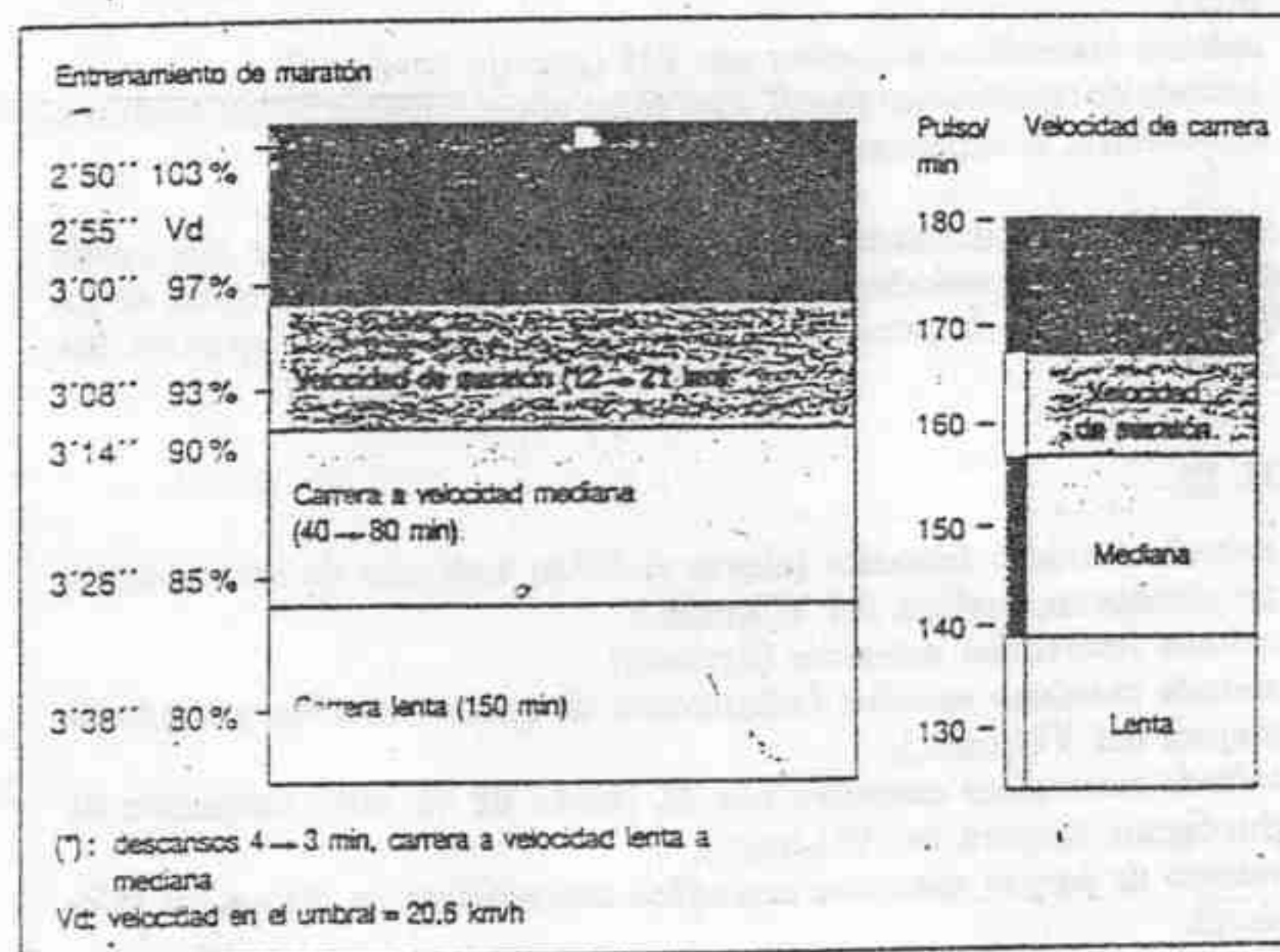


FIGURA 52: Diferentes formas aeróbicas de entrenamiento para la preparación específica de un maratoniano, relacionando la velocidad de carrera correspondiente a la frecuencia cardíaca (= niveles de intensidad) (BENZ, 1987, 945).

RDL IV:

Los rendimientos de RDL-ultra se diferencian de los de maratón (RDL III) sobre todo en el hecho de que sólo un *bajo porcentaje del $VO_{2\text{máx}}$* (aproximadamente, un 60% en la carrera de 100 km frente a los 70-80% del maratón) se pueda *mantener durante estas cargas de larga duración*.

En este contexto se observa un *incremento de la oxidación de grasas* (hasta el 70-90% del desgaste energético total) y como fenómeno de adaptación un mayor contenido de triglicéridos en el músculo (1,5 veces superior a los corredores de orientación bien entrenados; OBERHOLZER y cols., 1976).

Otras diferencias son la *fuerte degradación de proteínas (gluconeogénesis)*, las elevadas *pérdidas de agua/electrólitos* y la *reacción del tejido ligamentoso y de sostén* (cartílagos, huesos en la carrera), bajo cuyas influencias se deben conseguir los rendimientos.

Globalmente se va plasmando que los siguientes métodos de entrenamiento serán importantes:

- *método continuo extensivo (superior a 2 horas)*,
- *cargas continuas extensivas partiendo en ayuno* (para aumentar la lipólisis),
- *cargas continuas extensivas ingiriendo líquidos e hidratos de carbono* (para familiarizar el aparato digestivo a la ingestión de alimentos durante la carga).

No obstante, los tiempos de carga no deben de ser con regularidad tan largos ya que producen desgastes sustanciales claros. Los procesos correspondientes (elevada utilización de las grasas, gluconeogénesis) se han de inducir sin prolongarse demasiado. La *fuerte influencia de los procesos energéticos* para los rendimientos de ultra-RDL no nos debe llevar a la conclusión de que el volumen relativamente alto de oxígeno no tenga un efecto positivo. El $VO_{2\text{máx}}$ *también se ha de desarrollar hasta un cierto nivel*. Ello requiere, sin embargo, cargas que se mueven por los 4-6 mmol/l de lactato (método continuo intensivo, variable).

Desarrollo y planificación de la capacidad de resistencia

Aspectos generales de planificación

Si entendemos como «entrenamiento» *todas las medidas del proceso de optimación, estabilización y reducción de la capacidad compleja de rendimiento deportivo* en el sentido de un concepto globalizador, entenderemos como *planificación del entrenamiento* (= planificación del rendimiento) la *coordinación estructurada de todas las medidas a corto y largo plazo de planificación, realización y corrección del entrenamiento enfocadas a la optimación del rendimiento*.

Desde el punto de vista cibernético (= ciencia de los sistemas reguladores), el proceso de entrenamiento contiene tanto *procesos de control como de regulación*. En este contexto, el *control* consiste en la influencia (input, instrucción de entrenamiento) según un objetivo propuesto (objetivo de entrenamiento) sobre el resultado (output, resultado del entrenamiento). La figura 53 lo plasma. La *regulación* es la retroalimentación de la influencia basada en una comparación entre valor previsto y real, control y regulación del entrenamiento comprenden conjuntamente un *círculo cibernético* (fig. 54), que se denomina de forma breve como *planificación del entrenamiento o del rendimiento*.

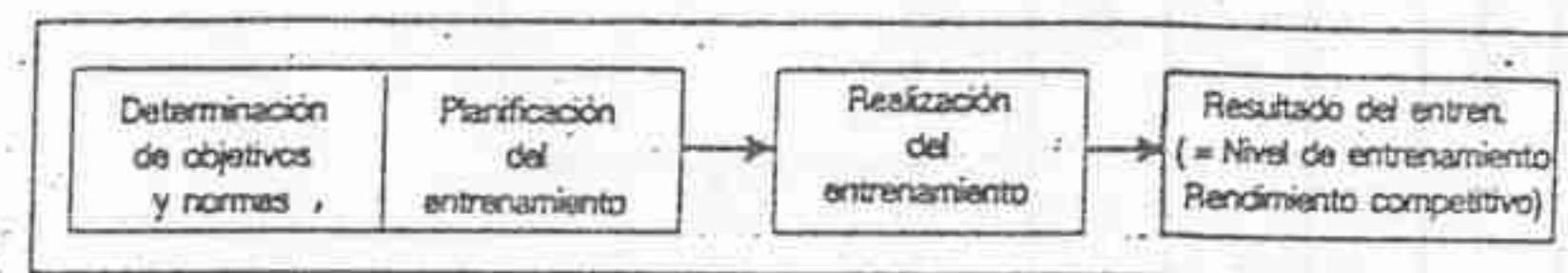


FIGURA 53: Proceso de dirección.

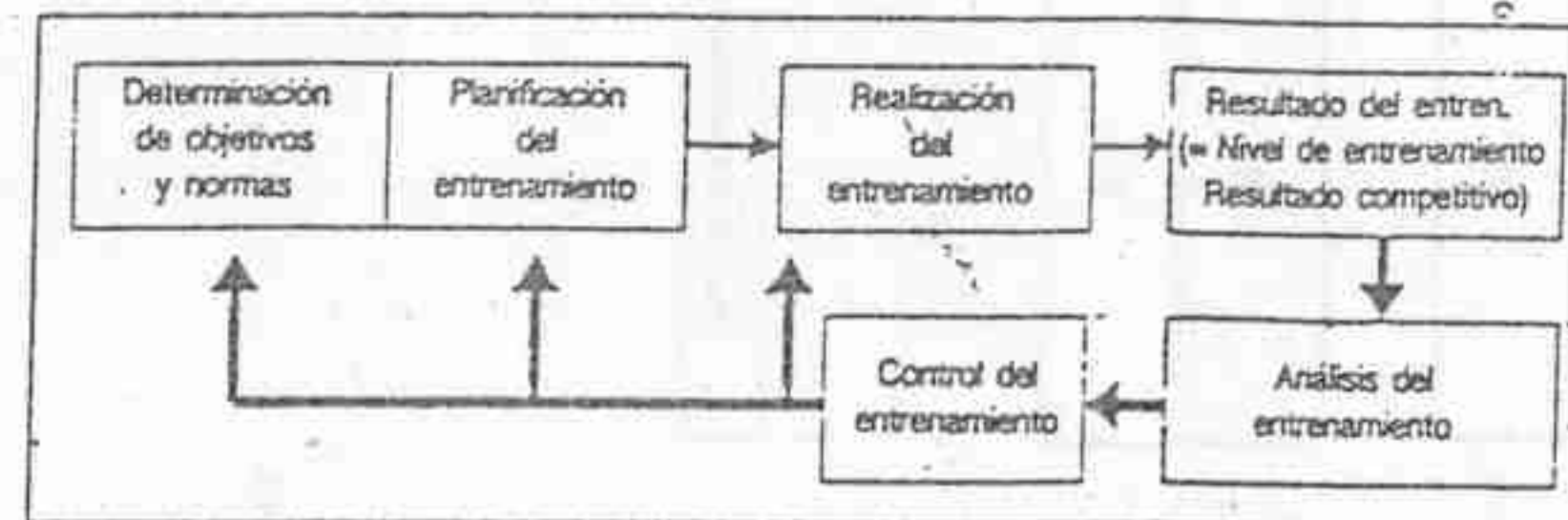
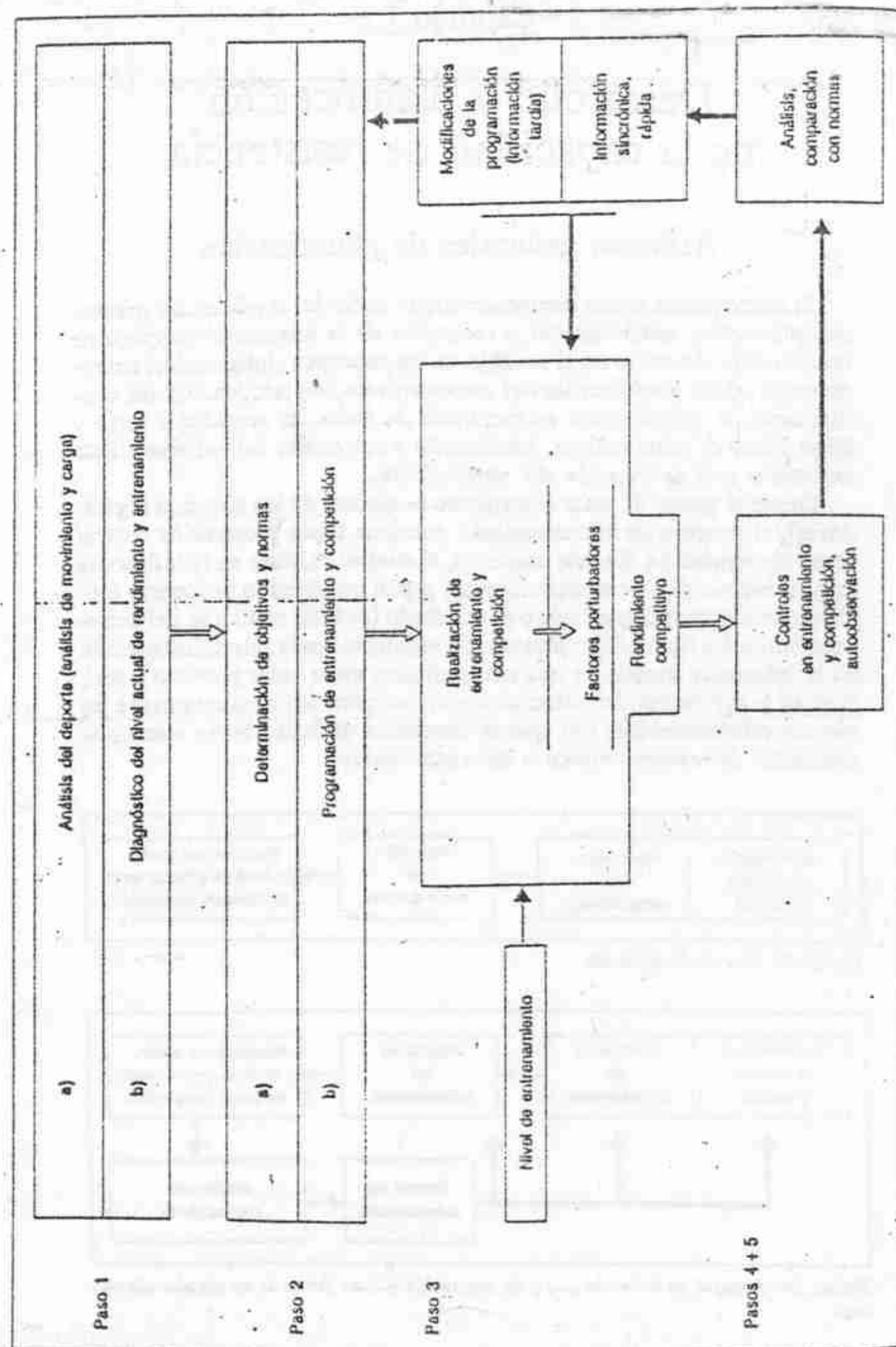


FIGURA 54: Procesos de dirección (→) y de regulación (↺) en forma de un circuito cibernético.



Concretamente se efectúa la *planificación del rendimiento en cinco pasos*, relacionados brevemente en el modelo (fig. 55).

En relación a la resistencia como capacidad de condición física, nos centraremos en aquellas medidas que se podrían denominar dentro de estos cinco pasos como *medios esenciales de planificación y regulación*.

Tests para la capacidad de resistencia

Tanto para diagnosticar el *nivel de rendimiento de resistencia (paso 1)* como también para el *control del entrenamiento (paso 4)* se aplican generalmente *procedimientos práctico-deportivos y tests científico-deportivos (médico-deportivos) de laboratorio y de campo*.

Los *tests específicos de cada deporte y prácticos del entrenamiento* (tabla 47) se basan en la *medición del rendimiento y de las pulsaciones postesfuerzo después de una carga definida*. A través de diferentes parámetros descriptivos (por ejemplo, cociente de rendimiento, índice de cansancio) se obtiene información indirecta acerca del rendimiento aeróbico y en parte también anaeróbico. En cuanto a mayores detalles y valores normativos de estos tests recomendamos la bibliografía específica (véase GROSSER/STARISCHKA, *Test de la condición física*, Martínez Roca, 1988).

Tabla 47. Ejemplos de tests de resistencia prácticos del entrenamiento de carácter específico-deportivo (más detalles y datos normativos de estos tests en GROSSER/STARISCHKA, 1981).

Para la resistencia aeróbica:
<ul style="list-style-type: none"> • En la natación, el test de esfuerzo según KIRKE/LABITZKE, el test de natación continua y el test de natación interválica; • En el remo, el test de cansancio y el test de remo interválico; • En el ciclismo, el test de cansancio; • En el esquí de fondo, el test de esquí de fondo según BUAR; • En el boxeo, el test de resistencia en boxeo
Para la resistencia anaeróbica:
<ul style="list-style-type: none"> • En piragüismo y remo, el test de tirar y levantar el banco (45 s), el test de recorridos parciales (entre los tiempos de 50-80 s); • En la carrera atlética de medio fondo, el test de carrera de medio fondo según KOSMIN y OWTSCHINNIKOW (4 x 60 s); • En la gimnasia deportiva, el test de las flexiones de brazos (hasta el agotamiento según frecuencia preestablecida); • En el baloncesto, el test de resistencia de baloncesto (10 x doble longitud del campo, unos 2-2 1/2 minutos)

◁ FIGURA 55: *Modelo de planificación y desarrollo del rendimiento deportivo en entrenamiento y competición (= desarrollo de rendimiento/entrenamiento)* (modificado según GROSSER y cols., 1986).

Tests inespecíficos de laboratorio médico-deportivo

Los tests inespecíficos de laboratorio médico-deportivo mediante tapiz rodante o cicloergómetro han perdido actualmente su importancia para la planificación directa del entrenamiento, puesto que la cicloergometría aporta valores del $\text{VO}_2\text{máx.}$ alrededor del 5-10% inferiores que el ergómetro de tapiz rodante, a causa de un esfuerzo muscular diferente (HOLLMANN, 1980) e incluso las velocidades halladas en el tapiz rodante y los generales valores normativos para los umbrales aeróbico y anaeróbico (tabla 49) en el caso del corredor no se pueden traspasar directamente al terreno natural de carrera. Según HECK y cols. (1984), existe en el ámbito de las velocidades cerca del umbral anaeróbico tomadas en el tapiz rodante, una diferencia de +0,16 m/s (= 0,6 km/h) en comparación a la carrera libre en la pista. El tipo de ergómetro constituye en este contexto un factor de influencia adicional.

Tabla 48. Valores indicativos para velocidades de carrera en el umbral anaeróbico durante los tests en tapiz rodante (según ROST/HOLLMANN, 1982, 124).

Valores indicativos	Nivel de rendimiento
3,0 ± 0,5 m/s	- Valor normativo de hombres no entrenados en resistencia
3,5 - 4,0 m/s	- Poco entrenado en resistencia
4,0 - 4,7 m/s	- Medianamente entrenado en resistencia
4,8 - 5,2 m/s	- Muy entrenado en resistencia
5,3 - 5,6 m/s	- Deportista de élite

Tabla 49. Valores orientativos promedios para el umbral anaeróbico (según estudios espiroergométricos en el tapiz rodante).

Umbral anaeróbico de no entrenados	50-70 % del $\text{VO}_2\text{máx.}$ FC de 140-150
Umbral anaeróbico de entrenados	70-80 % del $\text{VO}_2\text{máx.}$ FC de 170-175
Umbral anaeróbico de muy entrenados	85-95 % de $\text{VO}_2\text{máx.}$, FC de 180-190

Los tests de laboratorio garantizan resultados fiables sobre el diagnóstico del rendimiento a base de una multitud de datos medidos y una buena reproducibilidad. Puesto que son poco útiles para la planificación directa del entrenamiento se aplican hoy día en el deporte de rendimiento de las diferentes modalidades de resistencia primordialmente los tests de campo específicos para cada modalidad o en determinados casos también los tests con ergómetros especiales (por ejemplo, ergómetros de remo, de esquí de fondo, entrenador piragua). Estos ofrecen datos para controlar la intensidad en el entrenamiento. Tienen una menor reproducibilidad y se basan en tres datos a medir: la velocidad de desplazamiento como dato sobre el rendimiento, la frecuencia cardíaca como

dato indirecto sobre el transporte de oxígeno y los valores de lactato como dato indirecto sobre el metabolismo.

Los siguientes tests de laboratorio aún cumplen con su finalidad para determinar la capacidad aeróbica máxima inespecífica o bien la capacidad de resistencia submáxima:

- Cicloergómetro simple para determinar el rendimiento aeróbico máximo (vatios/kg de peso corporal).

Los resultados (en vatios) sólo se pueden aprovechar para la práctica del entrenamiento si el rendimiento hallado se puede expresar en velocidad de carrera o en $\text{VO}_2\text{máx.}$ Existen intentos de conseguirlo en forma de valores normativos por parte de Lagerström (ORTS/HOLLMANN, 1982, 94) transformando los vatios en velocidad dependiente del peso y por parte de Åstrand y Rhyning o Kaltenbach que con sus nomogramas transforman los datos en valores de $\text{VO}_2\text{máx.}$ El método de cargas en función del peso corporal siguiendo el modelo de Giessen (fig. 56) también permite comparar el rendimiento en vatios con velocidades en el tapiz rodante del ergómetro. Se elaboraron las tablas correspondientes (NOWACKI, 1983, 258):

- Cicloergómetro simple para hallar la PWC 170 y la PWC 150.

La determinación de la PWC 170 o 150 (= physical work capacity), es decir, de la capacidad de trabajo cardiovascular a 170 o 150 pulsaciones, tiene la ventaja de que las cuestiones de motivación ya no en-

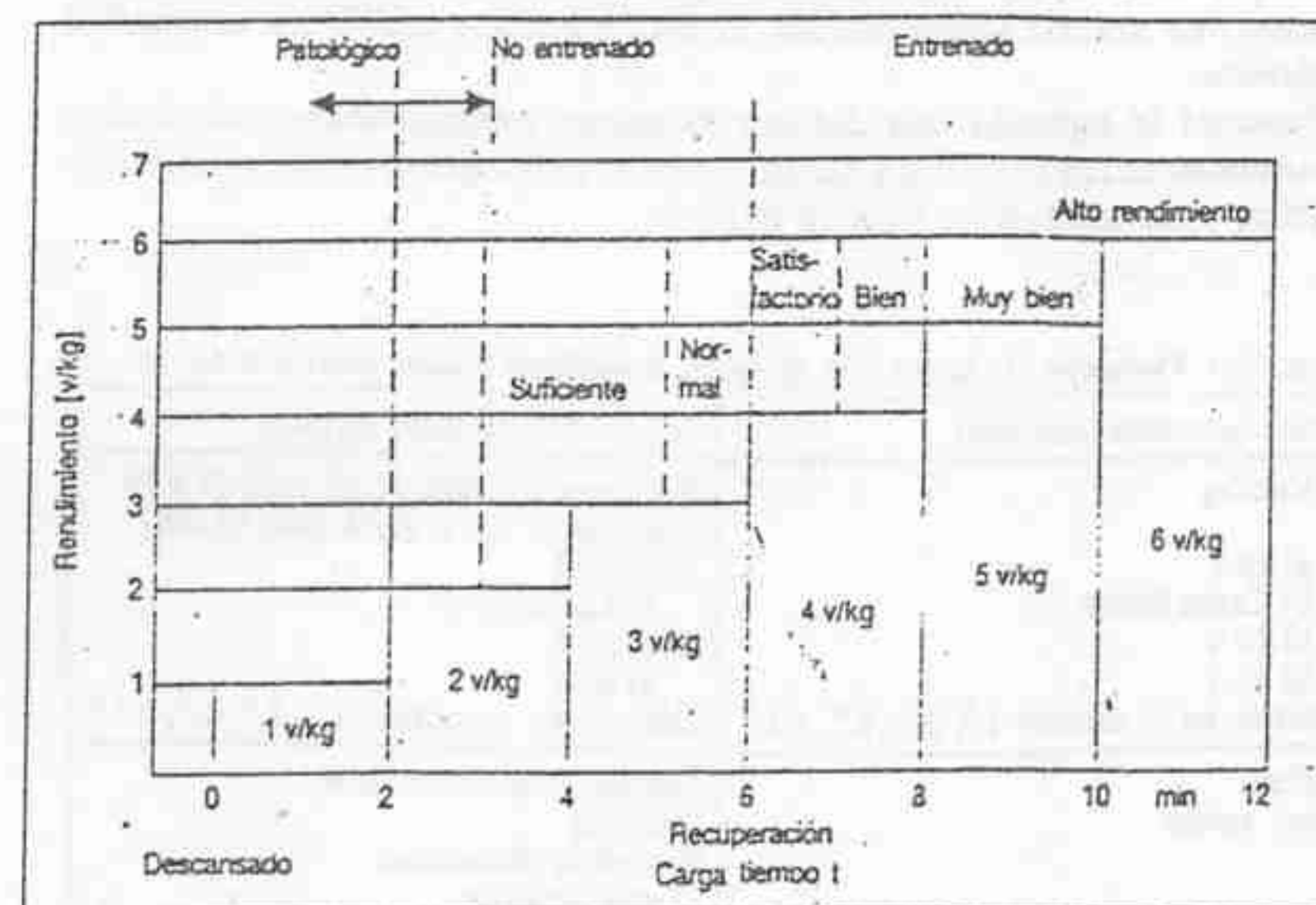


FIGURA 56: Método de carga relacionado con el peso corporal de Giessen (método de peso corporal en vatios/kg) (según NOWACKI, 1983, 261).

tren en juego como ocurre en el test de máximas antes mencionado. Los resultados sirven para *estimar la capacidad de rendimiento o bien de las frecuencias cardíacas correspondientes a los umbrales anaeróbico y aeróbico*. SCHWARZENBERGER y cols. (1985) encontraron en estudios con ciclistas competidores una relación significativa entre la PWC 170 y el UAn y entre la PWC 150 y el UA. Estudios con medio fondistas sólo pudieron afirmar esta relación en parte.

- Test anaeróbico en dos fases mediante cicloergometría y tapiz rodante.

Las variantes de este método de carga se desprenden de la tabla sinóptica (tabla 50). Preestableciendo un rendimiento constante en vatios o en la velocidad de carrera, se realizarán las dos fases de carga con un descanso entre medio de 30-45 minutos. El valor de lactato después del primer esfuerzo (*test submáximo*) sirve de dato estimativo para la capacidad anaeróbica alactácida, el valor de lactato después del segundo esfuerzo (*test máximo*) sirve de dato estimativo para la capacidad anaeróbica global. Según Szögy y cols. (1984), el rendimiento total medido en vatios sigue siendo el parámetro más característico de la capacidad anaeróbica y la *relación de la producción láctica frente al trabajo total* después de dos cargas diferentes (= *cociente alactácido*) para las reservas alactácidas.

Podemos constatar los siguientes puntos interpretando los resultados:

- Atletas con una elevada capacidad anaeróbica producen durante la primera fase del test menos lactato, ello expresa una capacidad alactácida elevada.
- Durante la segunda fase del test alcanzan concentraciones de lactato máximas como expresión de un elevado contingente de energía glucolítica y de tolerancia para la acidez.

Tabla 50. Variantes (1, 2) del test de fases anaeróbico médico-deportivo (a, b).

Cicloergometría (sentado)	Ergometría de tapiz rodante
7 Watt/kg	Hombres 22 km/h (6,12 m/s) (7,5%) Mujeres 20 km/h (5,56 m/s) (5,0%)
1. a) 40 s b) Carga límite	1. a) 40 s b) Carga límite
2. a) 20 s b) 60 s	2. a) 20 s b) 60 s
Lactato: en el minuto 1.º, 3.º, 6.º, 10.º	Lactato: en el minuto 1.º, 3.º, 6.º, 10.º
Ciclista Esquí alpino	Corredor de 400 m lisos Decatlón Pentatlón (femenino) Medio fondista Fondista (excepto maratón) Esquiador de fondo Juegos deportivos de pelota

- El alcanzar elevados valores de lactato en la primera fase del test indica una menor capacidad alactácida (depósitos de fosfato).

Tests de campo específicos

En la práctica del entrenamiento de la resistencia se han popularizado unos *procedimientos de test fuera del laboratorio (= tests de campo)* que por un lado se puedan realizar bien y, por otro, sean significativos para el fin previsto.

Los vamos a describir a continuación brevemente. Para información más detallada recomendamos la bibliografía específica.

Prueba de 12 minutos de carrera de Cooper

Objetivo: Estimación del volumen máximo de oxígeno (en el ámbito de la RB I) y del UAn.

Mediante el rendimiento máximo alcanzado durante los 12 minutos sobre una pista (procedimiento estandarizado) se puede en primer lugar *clasificar el rendimiento de carrera* (tabla 51). En base a estudios comparativos de Cooper y otros autores (WEILER y cols., 1985) entre los resultados en los 12 minutos y otros sobre tapiz rodante para hallar el $VO_{2\text{máx}}$ se pudo plasmar una *relación entre el rendimiento de carrera y el $VL_{\text{máx,rel}}$* .

Tabla 51. Valores normativos del test de Cooper (hombres) para clasificar el rendimiento en carrera (columna I) y para relacionar el rendimiento de carrera con el volumen máximo relativo de oxígeno (ml/kg/min) (según COOPER y SCHÜRCH, 1987).

Grupo de rendimiento (no entrenados)	Distancia recorrida	Consumo de O_2 (en ml/kg/min)
I = muy malo	< 1600	28,0 e inferior
II = malo	1600-2000	28,1-34
III = regular	2000-2400	34,1-42
IV = bien	2400-2800	42,1-52
V = muy bien	> 2800	52,1 y superior
	2900	52,1
	3000	53,8
	3100	55,5
Ámbito normativo	3200	57,2
Deporte de resistencia	3300	58,9
Modalidades que no sean de resistencia	3400	60,6
	3500	62,3
	3600	64,0
	3700	65,7
	3800	67,4

Los intervalos indicados por Cooper sobre el $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ son muy amplios, lo que sólo permite una orientación global. A partir de rendimientos superiores a 2.800 m (hombres) ya no se pueden diferenciar más categorías de condición física, según las tablas valorativas originales, lo que no permite estimar el $\text{VO}_2\text{máx. rel.}$ La continuación (parte inferior de la tabla 51) es de cierta manera una ampliación para niveles iniciales superiores. Ello también permite una valoración del nivel de RB en el deporte de rendimiento de modalidades de deportes colectivos o que no sean de resistencia. Los requerimientos necesarios conocidos en base a la práctica de entrenamiento y de competición se destacan en la tabla en forma de ámbito normativo. Los valores se refieren en primer lugar a los deportes colectivos y de lucha (por ejemplo, judo, boxeo).

En cuanto a los resultados con no entrenados y entrenados se ha de tener en cuenta que los *no entrenados* realizan su rendimiento con sólo una pequeña contribución de la capacidad anaeróbica. Se sitúan en el ámbito del umbral anaeróbico (4-5 mmol/l de lactato). Los *entrenados*, sin embargo, superan los 12 minutos de carrera con valores de lactato sanguíneo relativamente elevados (superiores a 13 mmol/l, según estudios propios), lo que implica una utilización marcada de la capacidad anaeróbica.

Esto significa que en caso de los *no entrenados*, la velocidad media de carrera en el test de Cooper se puede igualar aproximadamente a la velocidad de carrera en el umbral anaeróbico. La tabla 52 nos informa sobre la velocidad de carrera del UAn de los entrenados. Estos datos resultaron de una estrecha relación entre la distancia recorrida en el test de los 12 minutos y la velocidad en el ergómetro de tapiz rodante en el umbral anaeróbico individual. Los valores del UAn sirven, como sabemos, de dato normativo para el entrenamiento intensivo de carrera continua.

Observación: Los resultados del gasto de oxígeno en diferentes estu-

Tabla 52. Velocidad hallada de un entrenamiento intensivo de carrera continua en terreno llano con recorrido establecido en la prueba de los 12 minutos (medias y desviación estándar) (WELER y cols., 1985).

Test de 12 minutos (m)	Entrenamiento de carrera continua intensivo (km/h); V_{UAN}
2600	11,0 (10,5-11,5)
2700	11,5 (11,0-12,0)
2800	12,0 (11,6-12,4)
2900	12,6 (12,3-12,9)
3000	13,1 (12,8-13,4)
3100	13,6 (13,3-13,9)
3200	14,1 (13,7-14,5)
3300	14,6 (14,1-15,1)
3400	15,1 (14,6-15,6)
3500	15,6 (15,0-16,2)

V_{UAN} = Velocidad en el umbral anaeróbico.

dios sobre los resultados del test original de Cooper se diferencian entre sí por el hecho de que en el test de campo no existieron las mismas condiciones climáticas y en el test de laboratorio no se disponía del mismo tipo de ergómetro.

Determinación de las pulsaciones postesfuerzo

Objetivo: Determinar las pulsaciones postesfuerzo y así la calidad de la resistencia de base.

La resistencia de base también tiene la propiedad de influir en el tiempo de recuperación posterior a un esfuerzo. Luego, el método del control de las pulsaciones de recuperación indica indirectamente el nivel de la resistencia de base. A pesar de la imprecisión debido a las considerables desviaciones individuales (pulsaciones de reposo y máximo, efectos emocionales), podemos adoptar como orientación global el tiempo entre el final del esfuerzo y la recuperación de las 100 pulsaciones por minuto.

El pulso se ha de tomar de una forma estandarizada, controlando las pulsaciones durante 10 seg. En caso de frecuencias tomadas que sean superiores a 100/min se debe de corregir el resultado con + 10. La utilización de aparatos que determinan las pulsaciones es mucho más exacta. Valores normativos para tiempos de recuperación después de cargas prolongadas (por ejemplo, la carrera del test de Cooper) son:

- entre bien y muy bien: 3 minutos y menos (hasta FC 100/min),
- satisfactorio: 5 minutos (hasta FC 100/min).

Para determinar la calidad de la recuperación después de cargas máximas cortas (alcanzando la frecuencia cardíaca máxima) se aplica la frecuencia de pulsaciones a los 5 minutos después de parar el esfuerzo.

Valores normativos se desprenden de la tabla 53.

Tabla 53. Datos orientativos para la calidad del pulso postesfuerzo después de cargas máximas (según BÖHMER y cols., 1975).

Frecuencia de pulsaciones 5 minutos después de acabar el esfuerzo	
Más de 130/min	Mal
130-120/min	Suficiente
120-115/min	Satisfactorio
115-105/min	Bien
105-100/min	Muy bien
Inferior a 100/min	Nivel de alto rendimiento

Test de campo en varias etapas para determinar la curva de rendimiento láctico

Objetivo: Determinar la capacidad de rendimiento (velocidad, frecuencia cardíaca) en los UA y UAn; desarrollo de una sensibilidad para el lactato.

Los tests de laboratorio no reflejan con la suficiente exactitud para el control del entrenamiento los esfuerzos (FC y lactato en relación a cada velocidad de desplazamiento) tal como proceden en la práctica del entrenamiento, a pesar de una cierta carga específica del deporte (ergómetros especiales). Por esta razón se utilizan hoy en muchos deportes las cargas escalonadas midiendo el lactato durante la práctica del entrenamiento. La concentración de lactato en la sangre constituye el parámetro más sensible para la intensidad de carga. Siempre que se cumplan las condiciones para medir el lactato se pueden conseguir de esta forma valores exactos (frecuencias cardíacas, velocidades) correspondientes a los diferentes niveles de carga.

Además se puede adquirir una cierta sensibilidad para el lactato, que cobra mayor importancia cuando las condiciones de carga cambian continuamente durante el entrenamiento (por ejemplo, cross, esquí de fondo, deportes de juego, lucha). La sensibilidad para el lactato es poco desarrollada en los no entrenados (Gaisl y cols., 1985), pero se puede aprender, según Læsen (1983), de tal forma que no sólo se lleguen a estimar los 4-6 mmol/l del ámbito de concentración, sino que también cantidades de 10-12 mmol/l con elevada exactitud. Una gran sensibilidad para el lactato también cobra importancia en el caso de que se han de entrenar también los factores técnico-coordinativos del rendimiento en combinación con la resistencia (por ejemplo, en el patinaje de velocidad, lucha libre). Por cierto, se demostró que por un lado no se acertaba con tanta exactitud la intensidad deseada en el entrenamiento y por otro una pérdida de calidad en las destrezas técnicas en presencia de niveles de lactato sanguíneo de 6-8 mmol/l. Para controlar la intensidad mediante la sensibilidad al lactato se requieren por eso más a menudo las retroalimentaciones directas entre la intensidad de entrenamiento experimentado y los resultados medidos. Por esta razón y también para determinar el efecto del entrenamiento se considera óptimo un escalonamiento de 3 semanas en el test aeróbico, siendo el mínimo unas 6 semanas.

Tests de campo escalonados específicos para determinadas modalidades se realizan ya en varios deportes. El esfuerzo específico es necesario en el caso de los deportistas de rendimiento, tal como indica la tabla 54. En la rutina del entrenamiento se aplican además de los tests de carrera (para fondistas y medio fondistas, unos 2.000-3.000 m de carrera por nivel de carga), por ejemplo, los tests de carrera en montaña con patines de esquí (unos 1.800 m de recorrido), tests con piragua (de 1.000 m) y tests de nadar (de 300 m). También en los deportes colectivos con la resistencia como característica se han creado tests específicos.

Un buen resumen sobre los tests de campo específicos de diferentes deportes con indicaciones sobre autores y bibliografía especializada ofrece BAUMGARTL «Laktatfeldtests im Leistungssport», publicado en Österreichisches Journal für Sportmedizin, marzo 1987). Aquí sólo nos

centraremos en los aspectos fundamentales en los que se basan estos tests:

- Para conseguir suficientes puntos de medición para elaborar la curva del rendimiento lactácido se requieren como mínimo cuatro niveles de carga, situándose tres de ellos en el ámbito de intensidades bajas hasta submáximas y la última en el máximo (fig. 57). Son esenciales para la reproducibilidad de los tests el preestablecer las intensidades y el desarrollo de los descansos.
- La extracción de sangre para medir el lactato se efectúa cada vez al final de un nivel de carga. La velocidad de desplazamiento y la frecuencia cardíaca (grabadas en cintas) constituyen otras magnitudes de medición.
- En los tests de campo se parte (contrariamente a la ergometría de laboratorio) de una distancia constante (y no de un tiempo de carga constante). Para asegurar que la duración de la carga por cada nivel sea suficiente para alcanzar un steady-state adaptado a la intensidad, se ha de establecer una distancia de recorrido que incluso en el último nivel de carga garantice una duración de como mínimo 5, mejor 7 minutos. Sólo entonces hallaremos valores de lactato relevantes para cargas de mucha mayor duración a igual intensidad. En los deportes de menor duración de la competición (por ejemplo, 800 m lisos, distancias de natación inferiores) se pueden permitir distancias más cortas. No obstante, no se debe rebajar el límite de 3 minutos para el último nivel de carga.

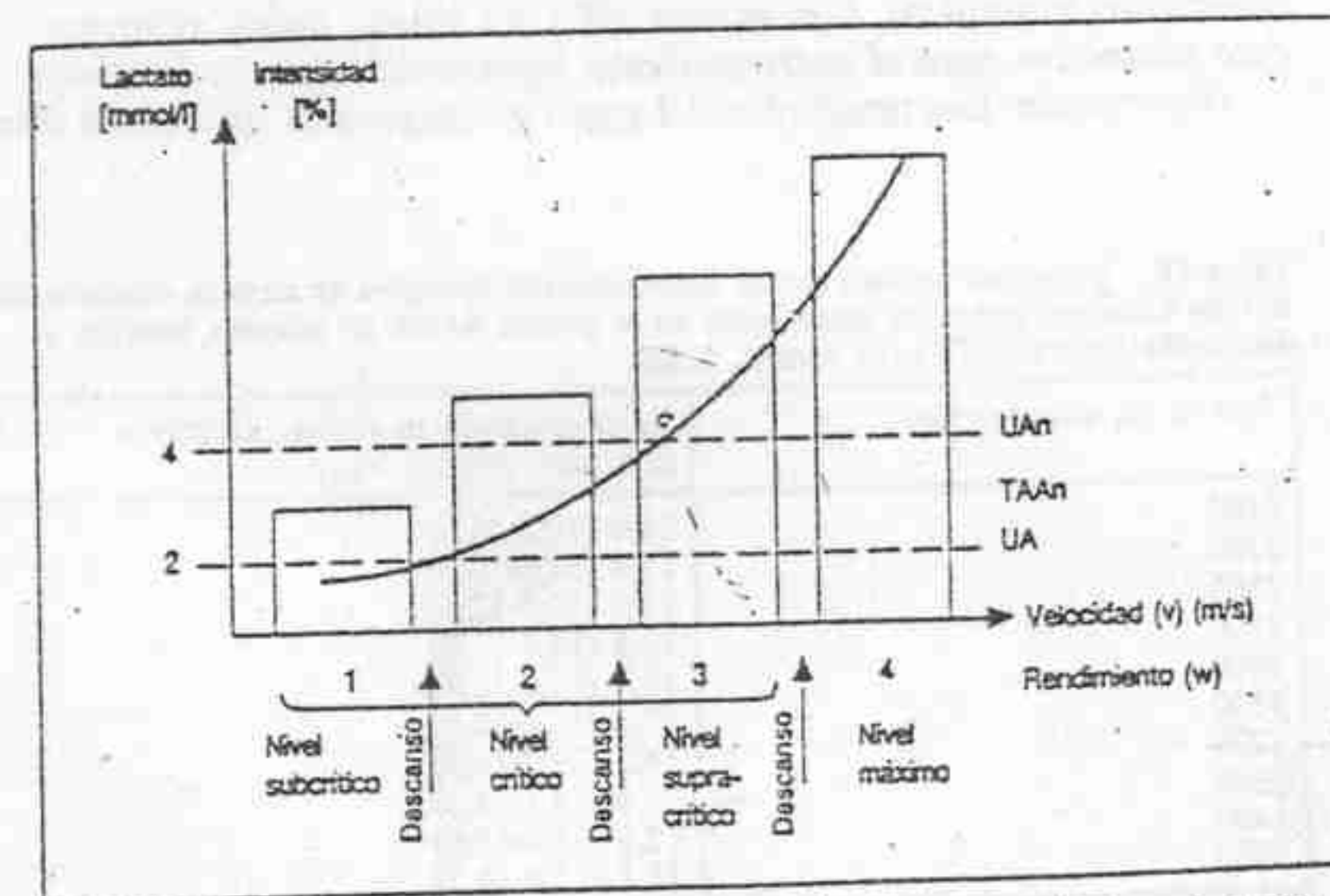


FIGURA 57: Esquema del test escalonado para hallar la curva de rendimiento lactácido.

Tabla 54. Influencia de los tipos de ergómetro y de esta forma, de las secuencias de movimiento sobre los criterios cardiorrespiratorios del rendimiento de una misma persona. La forma de movimiento específico-deportivo de cada deportista produce los mejores valores de rendimiento. En el piragüista de alto rendimiento incluso resultó más bajo el consumo máximo de oxígeno/kg de peso corporal en el ergómetro de tapiz rodante que en el ergómetro de piragüismo (según HOLTMANN/HETTINGER, fuente: SCHÜRCH, 1987, 14; modificado).

	Corredor de medio fondo altura: 172,5 cm, peso: 58 kg, edad: 21,7					Deportista de alto rendimiento en la piragua altura: 184 cm, peso: 80 kg, edad: 25,9				
	Tapiz rodante	Cicloergómetro	Ergómetro manual	Piragua ergómetro	Tapiz rodante	Cicloergómetro	Ergómetro manual	Piragua ergómetro	Tapiz rodante	Cicloergómetro
Trabajo total	• 22 km/h	8350 mkg	2000 mkg	1312 mkg	•• 16 km/h	6200 mkg	5400 mkg	10700 mkg	•• 16 km/h	6200 mkg
Mayor fuerza empleada o mayor velocidad	210	198	156	166	174	168	170	188	174	168
Máx. frecuencia cardíaca	4,045	3,803	2,450	2,303	4,516	3,998	4,507	4,914	4,516	3,998
VO ₂ máx	1,00	1,02	1,14	0,82	1,04	1,01	1,04	1,02	1,04	1,01
RQ	69,74	65,56	42,24	39,70	56,46	49,97	50,71	61,42	56,46	49,97
VO ₂	0,352	0,331	0,213	0,193	0,285	0,252	0,256	0,310	0,285	0,252
Kcal/kg/min										

• 2 min 14 km/h - 2 min 16 km/h - 2 min 20 km/h - 2 min 20 km/h - 2 min 20 km/h.

•• 3 min 8 km/h - 2 min 12 km/h - 3 min 16 km/h.

- El test escalonado con medición del lactato se ha de prever en la programación del entrenamiento, puesto que se demostró (BAUMANN y cols., 1987) que un llenado de depósitos musculares con glucógeno lo más óptimo posible y un entrenamiento (carga) parecido durante los dos días anteriores al test forman requisitos para poder comparar los resultados de los tests. Anteriormente ya destacamos la influencia de los depósitos de glucógeno reducidos sobre los valores de lactato y sobre la problemática para interpretar la curva del lactato. La falta de glucógeno hace que la producción de lactato sólo se efectúe con intensidades de carga más elevadas, fingiendo un buen nivel de entrenamiento. El control de la intensidad de entrenamiento en base a estos resultados significaría cargas demasiado elevadas para el deportista provocándose al poco tiempo un sobreentrenamiento.
- Con los datos medidos se elabora la curva de rendimiento lactácido. Luego se pueden deducir en combinación con la velocidad de desplazamiento o con la curva de la frecuencia cardíaca (fig. 58) los parámetros significativos para el control de la intensidad: la velocidad de desplazamiento en el UA y en el UAn o bien las frecuencias cardíacas correspondientes.
- A partir de la comparación de las dos curvas de rendimiento lactácido de un mismo atleta resultan los datos decisivos acerca del efecto del entrenamiento realizado (fig. 59 a-d):

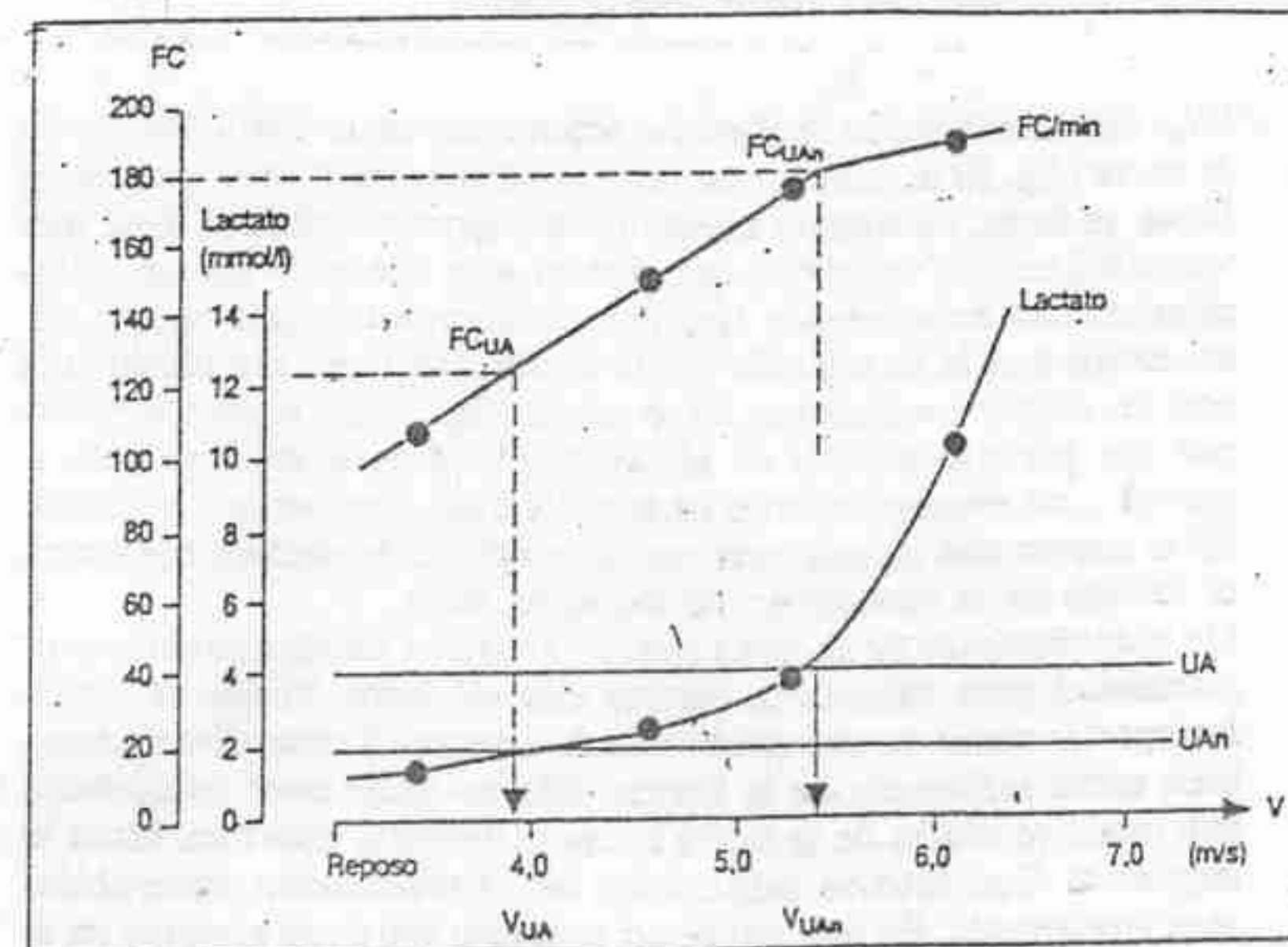


FIGURA 58: Esquema de la curva de rendimiento lactácido y frecuencia cardíaca indicándose las velocidades o bien frecuencias cardíacas en los umbrales aeróbico y anaeróbico (V_{UA} , V_{UAN} o bien FC_{UA} , FC_{UAN}).

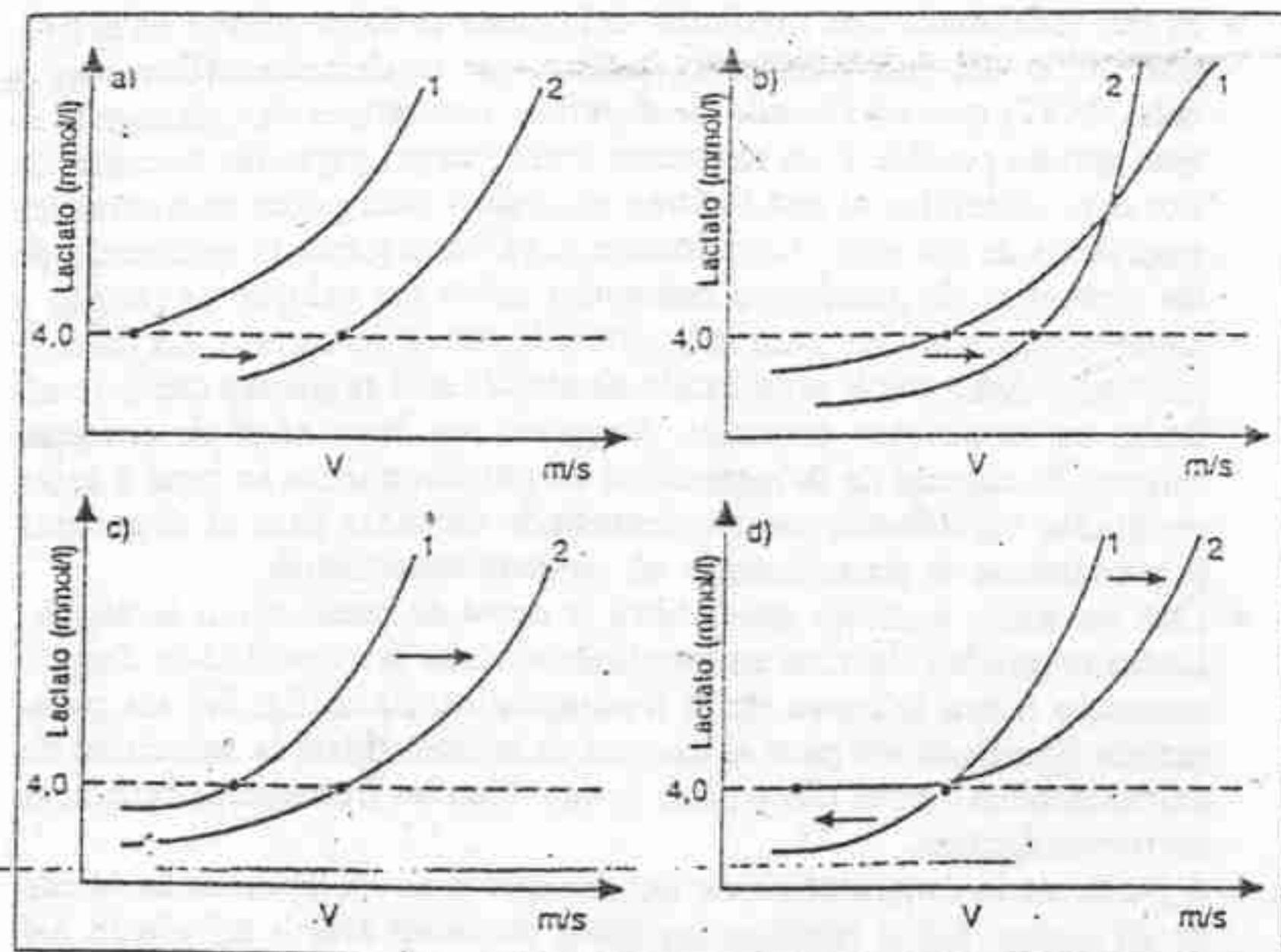


FIGURA 59a-d: Posibilidades fundamentales de modificación de la curva de rendimiento lactácido en el entrenamiento (véase explicaciones en el texto).

- Una *desviación hacia la derecha* sobre todo en la parte inferior de la curva (fig. 59 a) indica una mejora en el ámbito de intensidades bajas, es decir, un *mejoramiento de la resistencia de base*. Una desviación hacia la izquierda implica en este contexto un empeoramiento. Las experiencias basadas en comparar estas curvas demuestran que la desviación hacia la derecha suele ser combinada con un *mayor crecimiento de la curva* (fig. 59 b), lo que conduce por una parte a mejoras en el ámbito de la resistencia de base y, por otra, un *empeoramiento en el ámbito del rendimiento máximo*. Estas curvas son típicas para un buen estado de entrenamiento en el ámbito de la resistencia de duración larga.
- Un *aplanamiento de la curva* (fig. 59 c) indica un incremento de la intensidad para valores de lactato más elevados, lo que se puede interpretar como un *incremento de la capacidad anaeróbica* o también como influencia de la fuerza. Ello no suele estar combinado con una desviación de la curva hacia la derecha, más bien hacia la izquierda. Con esto se caracteriza un *entrenamiento anaeróbicamente orientado*. En este contexto se suelen producir mejoras en el ámbito anaeróbico y empeoramientos en el ámbito de la resistencia de base. Curvas de estas características son típicas para un buen nivel de entrenamiento de RDC y RDM.

– No podemos partir de la base de que el proceso de entrenamiento provoque automáticamente una desviación de la curva hacia la derecha sin cambiar su curvación. La forma de la curva se modifica varias veces a lo largo de un entrenamiento periodizado.

Test de campo anaeróbico de dos recorridos (Szögy, 1987)

Objetivo: *Determinar la capacidad anaeróbica-lactácida y anaeróbico-lactácida.*

Este test se constituyó transfiriendo la metodología de cargas del test de laboratorio anaeróbico de dos fases a las condiciones específicas de diferentes deportes (por ejemplo, atletismo, natación, ciclismo en pista). Lo esencial es una *realización cíclica del movimiento específico-deportivo sin requerimientos técnico-coordinativos* (por ejemplo, en los deportes colectivos, las conducciones y lanzamientos, etc.), puesto que de otra forma no existiría una carga correspondiente ni, ante todo, la reproducibilidad.

Realización:

- *El primer recorrido a máxima velocidad* (por ejemplo, 100 m lisos, 50 m nadar, 200 m ciclismo en pista) alcanzando la *velocidad máxima a medio recorrido*. Hallar el lactato a continuación a la carga. Esta fase sirve para determinar el *componente alactácido*.
- Descanso de una hora (eliminación del lactato).
- *Segundo recorrido otra vez a máxima velocidad* (por ejemplo, 300 m lisos, 100 m nadar, 800 m ciclismo en pista) midiendo o bien *hallando la velocidad media*. Medir el lactato al final del esfuerzo. Esta segunda fase sirve para determinar el *componente lactácido*. ¡Cargas superiores a 60 seg ya hacen entrar en juego la capacidad aeróbica!
- Para una *estimación de las reservas energéticas alactácidas* se utiliza el llamado *cociente alactácido*. Éste relaciona el trabajo total y la producción de lactato en las dos fases de carga. Cuanto más elevado sea este cociente, mayores serán las reservas de fosfato. Para la *estimación de la capacidad lactácida* (= nivel de saturación glucolítica + tolerancia a la acidez) se utiliza el *valor máximo de lactato* después de la segunda carga. Cuanto más alto sea este valor, mayor será la capacidad de tolerar la acidez (más detalles en Szögy y cols., 1984, 153, y 1987, 715).

Test de Conconi

Objetivo: *Determinación sin pruebas de sangre del UAn a través de los cambios de la frecuencia cardíaca* para valorar la capacidad de rendimiento aeróbico y para la programación de la intensidad de entrenamiento.

El test se basa en el hecho fisiológico de que la *frecuencia cardíaca*

aumenta linealmente con la carga en un ámbito extenso. Esto no es cierto para cargas más pequeñas o muy grandes (fig. 60). La desviación superior de la curva coincide según Conconi con el UAn.

Este test fue concebido inicialmente como test de carrera en la pista de atletismo. Actualmente también existen descripciones de este test para otros deportes (por ejemplo, esquí de fondo, ciclismo, patinaje de velocidad, remo, piragüismo; véase: DROGHETTI y cols., 1985, 299). Otra modificación constituye el test interválico según Probst en el que se tienen en cuenta las características de los juegos deportivos (salidas, paradas, cambios de dirección, descansos) (véase: MONA y cols., 1989, 157).

Los tests se pueden realizar con relativamente pocos gastos sin colaboración de médicos y personal de laboratorio.

La aplicación del test de Conconi para la práctica del entrenamiento está discutido. Por una parte se aplica este test desde hace años sin modificaciones (por ejemplo, en el ámbito italiano y suizo), por otra, existen investigadores (URHAUSEN y cols., 1988, JAKOB y cols., 1987, RIBEIRO y cols., 1985) que adoptaron una postura crítica frente a su fiabilidad por las siguientes razones:

- No en todos los sujetos probados se observa la desviación de la curva de frecuencias cardíacas. El incremento lineal llega en ocasiones hasta frecuencias cardíacas en 190/min.
- El test requiere un agotamiento máximo para obtener varios puntos de referencia en la curva de frecuencias más allá de la desviación superior. De otra forma, la determinación gráfica de esta desviación resulta problemática.

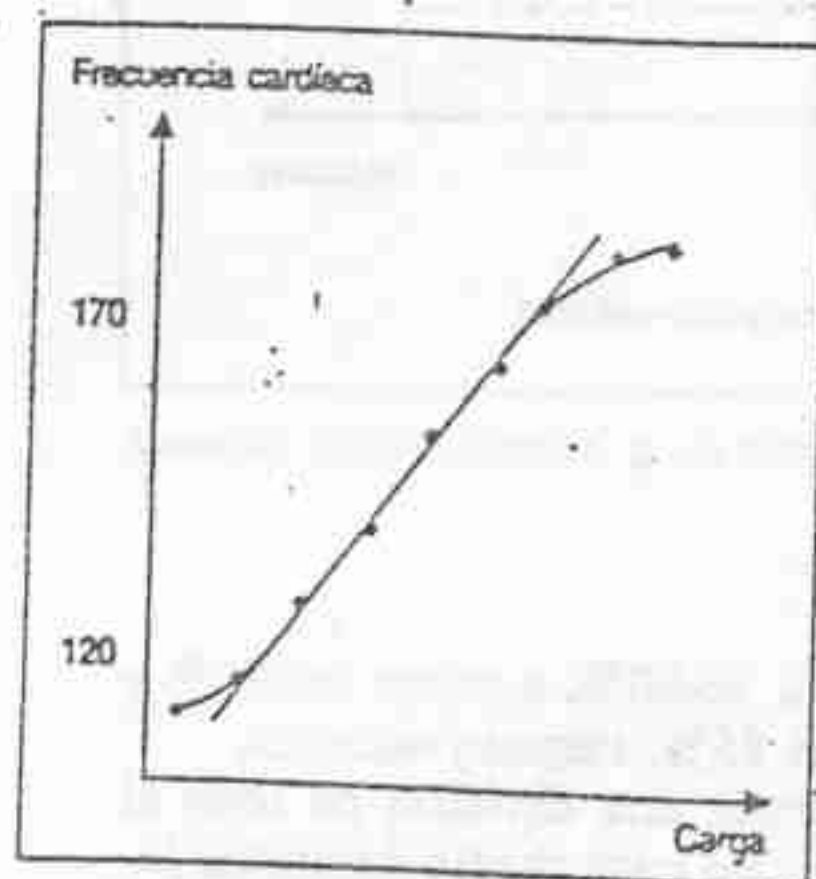


FIGURA 60: Curva en forma de «S» de la relación frecuencia cardíaca-carga. Su trazado sólo es lineal entre las frecuencias cardíacas de 120 y 170/min.

- Las velocidades de carrera en el UAn, hallado mediante la frecuencia cardíaca, resultaron ser más elevadas o más bajas que las halladas mediante medición del lactato (UAn/lac). Las diferencias alcanzaron hasta 1,27 km/h. Las recomendaciones para el entrenamiento basadas en estos datos no acertarían el ámbito óptimo individual de intensidades de entrenamiento.

Desarrollo del test de carrera de Conconi:

- Después de un calentamiento de 15 a 20 minutos se inicia una carrera sobre una pista atlética de 400 m a una velocidad determinada (poco entrenados a 70 seg para los 200 m, entrenados 60 seg para los 200 m).
- Cada 200 m se efectúa un incremento de la velocidad (= reducción del tiempo para los 200 m en unos 2-3 seg).
- Cada 200 m se anotan la frecuencia cardíaca y el tiempo de carrera en la hoja de control hallados mediante pulsímetro y cronómetro (se requieren dos ayudantes).
- Se alcanza un agotamiento total después de unos 12-16 aumentos de la velocidad o bien mediciones (recorrido entre 2.400 y 3.200 m en unos 10-12 minutos).
- Desde la hoja de control se transcriben los correspondientes valores emparejados (frecuencia cardíaca y velocidad de carrera) como puntos en un papel milimétrico. A continuación se determina el punto de la velocidad crítica (Vd = velocity deflection) dibujando una línea recta en la parte lineal (fig. 61).

Más informaciones sobre la realización del test en PROBST, 1988 y PROBST/NONELLA, 1986.

Ámbitos de la intensidad del entrenamiento de la resistencia

Para la planificación del proceso de entrenamiento resultó valiosa la clasificación del entrenamiento de la resistencia en determinados ámbitos de intensidades de carga. El cumplimiento exacto de ciertos ámbitos de intensidad es sobre todo de gran importancia cuando con un mayor volumen del entrenamiento ya no se consigue una mejora del rendimiento, ya que la calidad del entrenamiento tiene el efecto decisivo. En estas circunstancias ocurre fácilmente que con un poco de más o de menos indeseados se desajusta la carga óptima de entrenamiento. Por esto no es de extrañar que en determinados deportes de resistencia se busquen los correspondientes ámbitos específico-deportivos de la intensidad de entrenamiento a través de estudios colectivos. El número de ámbitos de carga varía mucho en función de los tipos de deportes. Por esta razón especificamos a continuación algunos ejemplos.

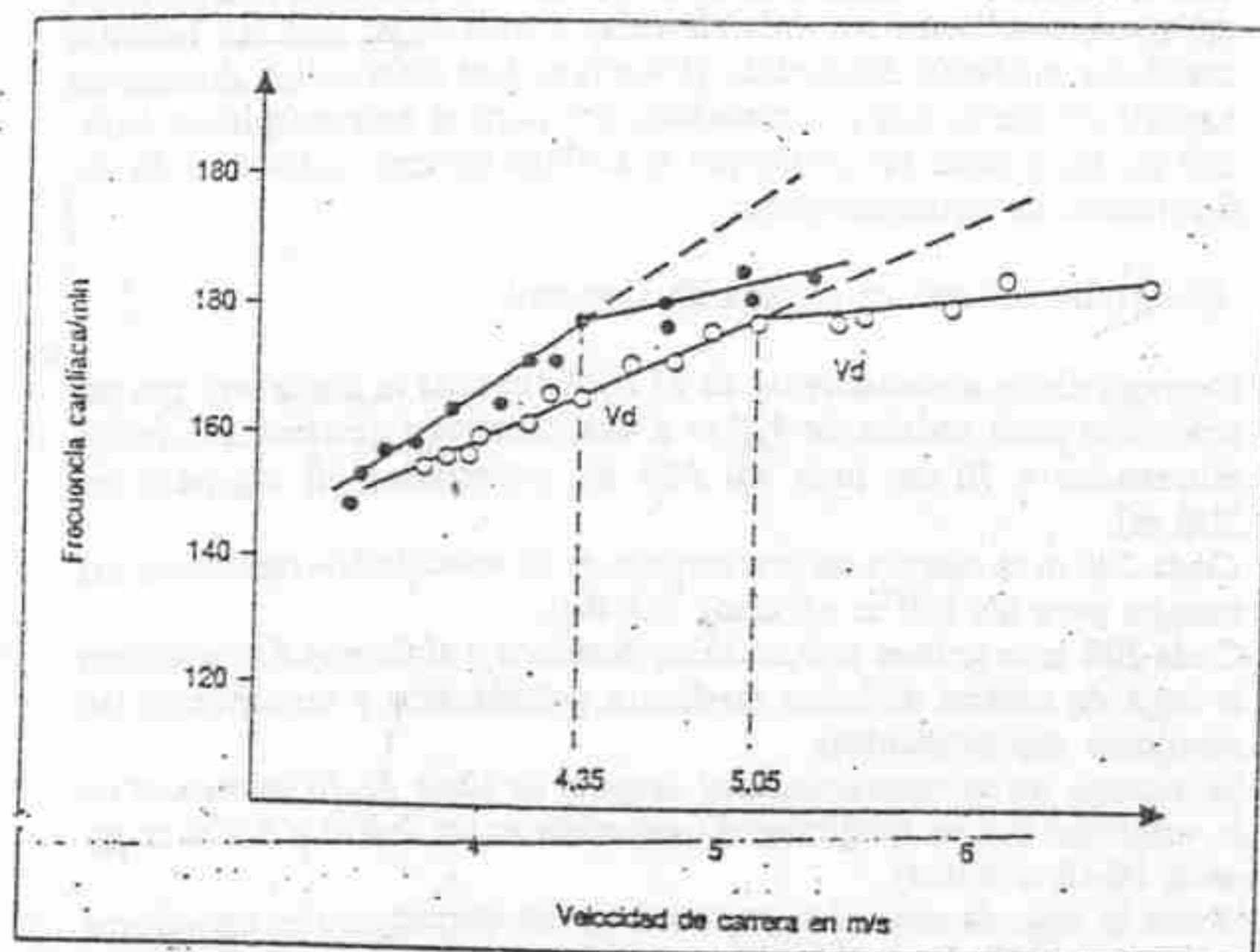


FIGURA 61: Ejemplos de frecuencias cardíacas en el test de Conconi. Determinación de la velocidad crítica (Vd) en el punto de desviarse la frecuencia cardíaca del trazado lineal (fuente: PROBST, 1988, 185).

Desde el punto de vista biológico-deportivo (BADTKE y cols., 1987, 364) se hace una división global en *ámbito fundamental, evolutivo y límite* (véase tabla 34 y fig. 46).

FÖHRENBACH y cols. (1985) encontraron en tests de campo escalonados intensidades de entrenamiento relevantes para una periodización del entrenamiento para el maratón. A través de la curva de rendimiento lactácido se relacionaron los ámbitos con conceptos metodológicos del entrenamiento (fig. 51), igualando la *velocidad competitiva en el maratón* (2-3 mmol/l/lactato) a una intensidad del 100%. En total se diferencian 5 ámbitos de intensidad. BENZI (1987, 945) distingue para maratonianos de élite 4 ámbitos de intensidad (fig. 52), orientados en la velocidad en el UAn (Vd = 100%).

Para el entrenamiento de la marcha atlética (HUFFELD, 1985, 1279) se diferencian 3 ámbitos de carga en base a los planos generales de entrenamientos de la Federación Alemana de Atletismo (fig. 62): cargas de resistencia, rapidez, velocidad. Las intensidades se orientan en las velocidades en competición.

En las carreras de medio fondo (PÖLITZ, 1986, 1443) se diferencian 3 niveles para cada uno de los ámbitos aeróbico y anaeróbico (tabla 42). Las intensidades relacionadas con la velocidad en competición prevista

	Resistencia	Rapidez	Velocidad
Objetivo	Resistencia general	Resistencia específica	Velocidad
Carga	Puramente aeróbica	Mixta aeróbica/anaeróbica, distancia entre mediana a competitiva	Anaeróbico-lactácida
Duración de la carga	Mayor que distancia en competición	75-85 %	85-100 %
Relación con la velocidad en competición	75-85 %	150-180	> 105 %
FC	Hasta 140		> 180
Lactato	< 2	2-4 (a los 2 km)	> 5

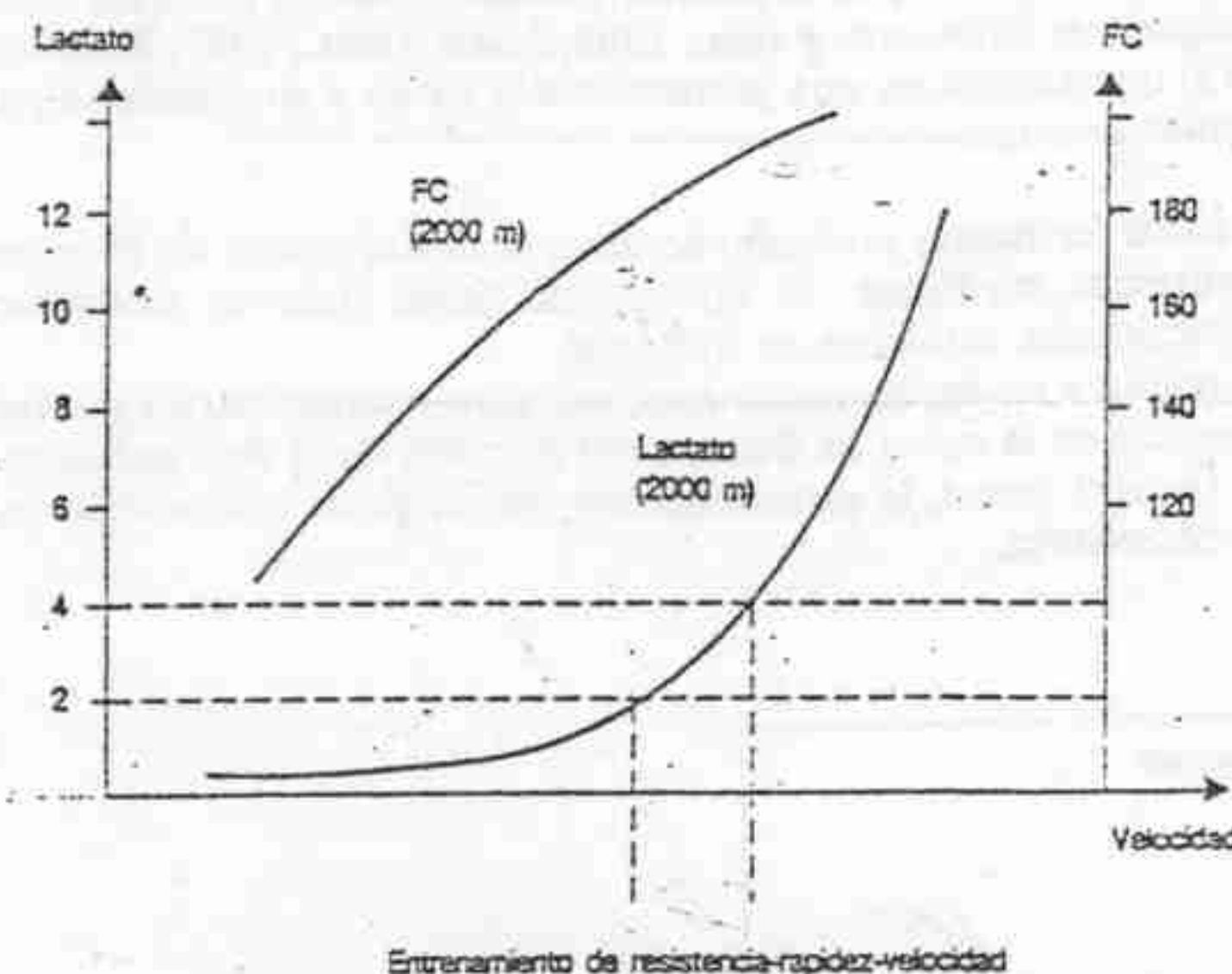


FIGURA 62: Niveles de intensidad en el entrenamiento de la marcha atlética (HUFFELD, 1986).

se sitúan entonces en: por debajo del 70%, 70-90%, a partir del 90% y por debajo del 85%, 85-95%, a partir del 95%, respectivamente.

FÖHRENBACH (1981, 1354) también efectúa una división de todo el ámbito de entrenamiento aeróbico y anaeróbico para medio fondistas femeninas en 6 niveles. Las intensidades se relacionan en este caso con las concentraciones de lactato (fig. 63): *entrenamiento compensatorio* por debajo de 2 mmol/l, *entrenamiento extensivo de carrera continua*

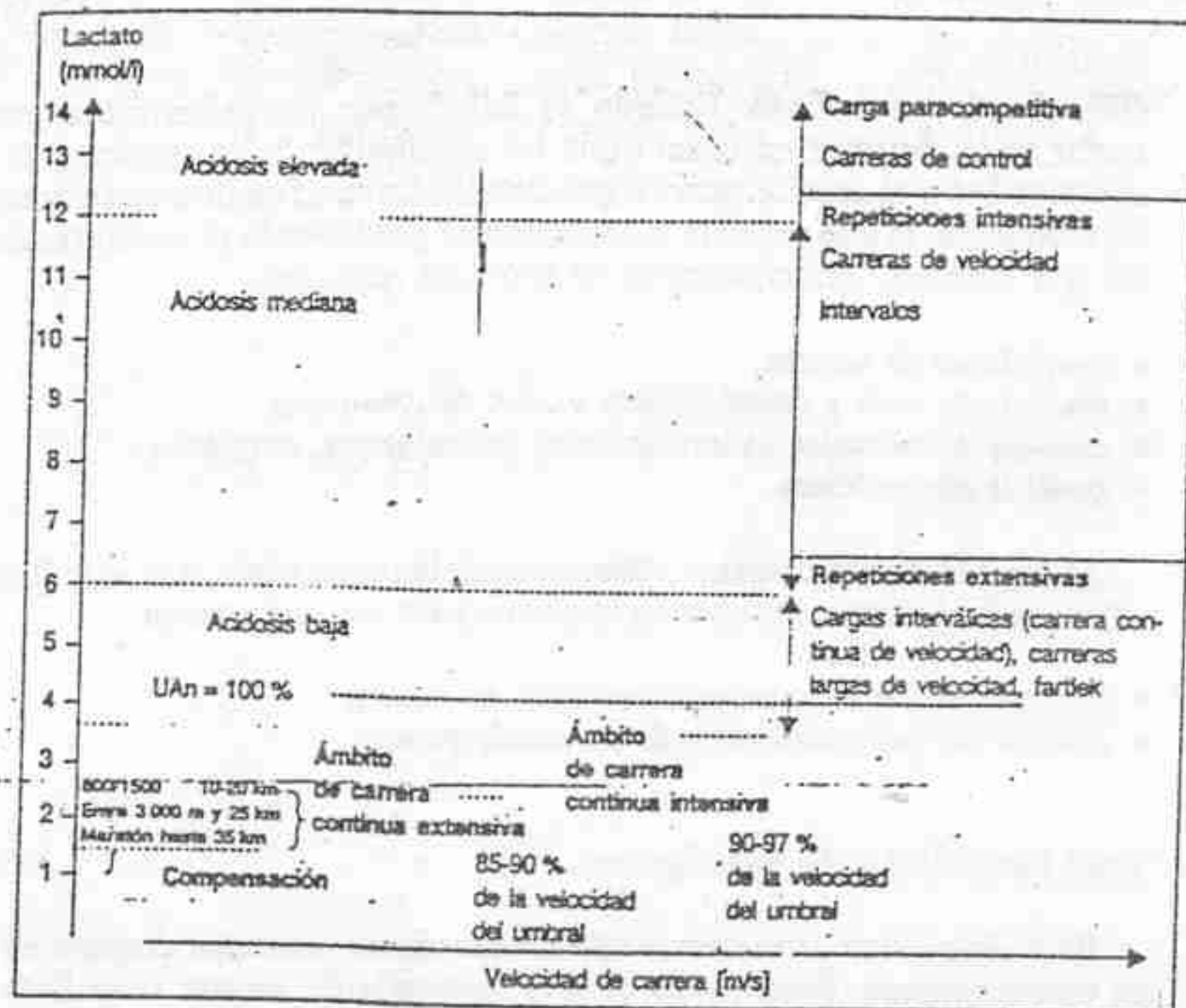


FIGURA 63: Esquema de división de estados metabólico-energéticos aeróbicos (por debajo de 4 mmol/l de lactato) y anaeróbicos (por encima de 4 mmol/l de lactato) y su clasificación según las denominaciones conocidas desde la teoría del entrenamiento (modificado según FÖHRENBACH, 1981, 1354).

1,5-2,5 mmol/l, entrenamiento intensivo de carrera continua 2,5-3,5 mmol/l, entrenamiento extensivo interválico y de repeticiones 3,5-6 mmol/l, entrenamiento intensivo interválico y de repeticiones 6-12 mmol/l, entrenamiento paracompetitivo por encima de 12 mmol/l.

En el remo se diferencian 6 ámbitos de intensidad (tabla 43) que se relacionan en primer lugar con la velocidad de carrera teniendo en cuenta las concentraciones de lactato. A cada uno de los niveles no sólo se otorgan efectos metabólicos y cardiopulmonares sino que también técnico-coordinativos, tácticos y motivacionales.

Los 5 niveles nominales de carga (4 reales) de la natación (tabla 44) se orientan en la frecuencia cardíaca máxima: nivel II = 60-80%, nivel I = 85%, nivel III = 90-95%, niveles IV + V = 100%.

Estudios profundos en los juegos deportivos (LIESEN y cols., 1985 y 1986, FÖHRENBACH y cols., 1986) —especialmente en el fútbol y en el hockey sobre hierba— han tenido como resultado que en estos deportes se producen valores de lactato sanguíneo de 4-7 mmol/l y que, por lo

tanto, un entrenamiento adecuado de las habilidades complejas de juego se debería desarrollar en los siguientes ámbitos de carga:

- *entrenamiento regenerativo de la resistencia* en el ámbito de 2 mmol/l de lactato,
- *entrenamiento evolutivo de la resistencia* en el ámbito de 3-4 mmol/l,
- *entrenamiento altamente intensivo de la velocidad* en el ámbito de 4-8 mmol/l.

Se demostró que con concentraciones de lactato entre 6-8 mmol/l pueden perjudicarse las destrezas táctico-técnicas y con concentraciones máximas de lactato de 15-24 mmol/l (después de un entrenamiento de resistencia-velocidad láctica) la capacidad de aprendizaje para el juego complejo puede perturbarse hasta durante 48 horas (LIESEN, 1986, 178).

A pesar de que en los deportes de lucha se registran elevados componentes de fuerza (por ejemplo, lucha, boxeo, judo) durante la competición y con ello mayores concentraciones de lactato que en los juegos deportivos, las experiencias de entrenamiento (SCHMENGLE y cols., 1983) demostraron que principalmente se han de mantener 2 niveles de intensidad en el entrenamiento para desarrollar las capacidades coordinativas requeridas (táctica deportiva compleja) y de las capacidades físicas (velocidad, fuerza explosiva, resistencia de base) (tabla 55). Las capacidades anaeróbico-lácticas necesarias deberían desarrollarse en el marco de las competiciones de pretemporada y en sesiones de entrenamiento intensivas de poco volumen (3.º nivel de intensidad).

El análisis de la lucha prolongada (forma de entrenamiento apreciada para desarrollar la resistencia específica de lucha) demostró que frente a concentraciones de lactato medias de 8 mmol/l se pierde la capacidad de resolver tareas táctico-técnicas. A través de una sobreacidez repetitiva (más de 8-10 mmol/l) también se empeora la resistencia aeróbica.

En el entrenamiento del ciclismo se diferencian 6 niveles de intensidad. Se orientan en el volumen máximo de oxígeno y en la frecuencia cardíaca (tabla 56). Los niveles de edad también se tienen en cuenta al relacionar las frecuencias cardíacas de entrenamiento.

Control de la carga en el entrenamiento

Fundamentalmente se debería garantizar una carga total lógica en el entrenamiento mediante la concepción de un plan de entrenamiento que tiene en cuenta los métodos de entrenamiento definidos y los tiempos de regeneración necesarios.

Tabla 55. Cuadro de los ámbitos de intensidad definidos por el nivel de lactato sanguíneo en el entrenamiento y su relación con el desarrollo de habilidades de condición física y técnico-táctica posibles durante estos ámbitos concretos de intensidad (según LIESSEN y cols., 1985, 18).

Intensidad de carga [mmol/l]	Volumen de carga	Condiciones metabólicas	Objetivos de entrenamiento
Superior a 10	Muy bajo	Muy favorables	
8 a 10 3.ª nivel	Bajo	Desfavorables	- Tolerancia a la acidosis - Habilidades técnico-tácticas («entrenamiento en estrés») - Componentes de la fuerza
Hasta 6 2.ª nivel	Elevado	Favorables	- Resistencia de base - Habilidades técnico-tácticas - Componentes de la velocidad - Componentes de la fuerza
2-3 1.ª nivel	Elevado	Favorables	- Resistencia de base - Adquisición de nuevas técnicas - Variación de la técnica - Práctica de elementos tácticos

Tabla 56. Niveles de intensidad en el entrenamiento ciclista y relación entre nivel de intensidad y edad (KONOPKA, 1987, 97).

Nivel de intensidad	Volumen máximo de oxígeno (en %)	Frecuencia del corazón en entrenamiento (pulsaciones/min) LA = edad vital	Ejemplos de diferentes edades				
			20 a	30 a	40 a	50 a	60 a
I	40-60	160-LA	140	130	120	110	100
II	60-70	170-LA	150	140	130	120	110
III	70-80	180-LA	160	150	140	130	120
IV	80-90	190-LA	170	160	150	140	130
V	90-100	200-LA	180	170	160	150	-
VI	100-120	210-LA	190	180	170	-	-

No obstante, se pone constantemente en evidencia que sin el acompañamiento de controles no se suele encontrar la relación armónica entre volumen, intensidad y frecuencia de entrenamiento. Esto afecta sobre todo al deporte de alto rendimiento donde se ha de entrenar en el límite de la capacidad de rendimiento.

Por parte de la medicina deportiva existen muchas posibilidades para determinar el alcance de las cargas. Índices bioquímicos y fisiológicos pueden anunciar si la carga del entrenamiento conduce a una adapta-

ción positiva o errónea. Cuando se seleccionan las magnitudes por medir se ha de tener en cuenta que los metabolismos energético y re-constructivo y el ámbito neurovegetativo (hormonal) se interrelacionan directamente, lo que requiere la medición de parámetros procedentes de los tres ámbitos. Principalmente se efectúan entonces:

- mediciones de lactato,
- análisis de urea y creatinkinasa o bien de amoníaco,
- análisis hormonales (catecolaminas, testosterona, cortisona)
- análisis electrolíticos.

El deportista, sin embargo, dispone también de medios más sencillos -que evidentemente son menos exactos- para un autocontrol:

- observación de la frecuencia cardíaca en reposo,
- control del peso corporal y de su estado general,

Test inmediato de glucógeno

Pará determinar la concentración del glucógeno muscular después de un entrenamiento, BUSSE y cols. (1987) desarrollaron un test inmediato para el glucógeno basándose en los conocidos análisis del lactato con elaboración de la curva de rendimiento lactácido. Este test ofrece datos sobre la evolución de la resíntesis del glucógeno muscular lo que es esencial para el tiempo de regeneración entre las sesiones de entrenamiento y para la preparación de una competición.

Debido a las características individuales de lactato se requiere la realización de dos tests inmediatos de glucógeno a principios de la temporada (test básico). El primer test se realiza después de un desgaste consciente de glucógeno, y el segundo test 2 días después de una dieta de hidratos de carbono. Con los resultados de los tests se elaboran las dos curvas individuales de lactato para comparaciones posteriores. (Con respecto a la carga estandarizada del test en el cicloergómetro, véase la bibliografía mencionada.) En el momento indicado se puede realizar un test inmediato siguiendo el procedimiento estandarizado para comparar los resultados con los del test básico. La figura 64 demuestra mediante ejemplos cómo se pueden desviar las curvas de rendimiento lactácido entre sí:

Análisis de urea y creatinkinasa (CK) desde el suero sanguíneo

Los parámetros de urea (como producto final del metabolismo proteico) y creatinkinasa (como enzima del metabolismo fosfocreatínico)

pueden indicar si la anterior carga de entrenamiento era demasiado elevada frente a la capacidad regenerativa existente.

Las enzimas pueden llegar a la sangre debido a perturbaciones de la permeabilidad (mayor facilidad de paso) de la membrana de la célula muscular en caso de esfuerzos intensos o directamente a través del metabolismo de carga. La urea y la CK como parámetros bioquímicos no son retornables. Los valores de urea indican más el volumen de la carga, los valores CK, más la intensidad de carga.

Cargas de resistencia más largas de 30 minutos llevan frente a un incremento del volumen de carga a una mayor degradación de las proteínas lo que produce un incremento de la urea en la sangre. Este mayor nivel se puede interpretar como señal de una gluconeogénesis debido al déficit de glucógeno. Los valores de urea sólo se normalizan una vez acabada la carga (tabla 57). Por esta razón encontramos a menudo valores superiores a los de la mañana en el transcurso del entrenamiento. La urea incluso se puede situar en un nivel más elevado. Valores constantemente elevados superiores a 8-10 mmol/l (50-60 mg%) a lo largo de varios días (tomados unas 12-15 horas después de la carga) pueden indicar una disminución del rendimiento. Entonces se debería reducir la carga del entrenamiento.

La CK también indica en las cargas de entrenamiento un claro aumento de la actividad (tabla 57). Su máximo no se presenta justo al acabar la carga sino que unas horas más tarde. Si sus valores en época de entrenamiento siguen constantemente elevados incluso después del descanso nocturno se puede diagnosticar una carga demasiado intensa. El límite del ámbito normal se sitúa en 80 U/l (unidades por litro de sangre). Incrementos regulares hasta 200 U/l pueden considerarse como lógicos durante entrenamientos continuados. A partir de 300 U/l se ha de pensar en una permeabilidad celular no normal y con ello en cambios estructurales. Entonces se debe reducir la carga de entrenamiento realizando más controles. En los rendimientos de maratón y de ultra-RDL se

Tabla 57. Comportamiento de urea y creatinina (CK) después de 2 h de cicloergómetro, carrera de 75 km y carrera de 100 km (según CLASING/STEGEMANN 1986).

	n	Reposo	Post esfuerzo	6 h	24 h	40/48 h	4/6 días
Urea [mmol/l]							
2 h de ergómetro	40	6,11	7,84	8,70	7,81	6,26	-
Carrera de 75 km	20	3,31	4,86	-	3,97	3,18	-
Carrera de 100 km	11	7,49	11,32	-	8,99	-	-
CK [U/l]							
2 h de ergómetro	40	46,91	70,2	-	109,1	67,9	64,9
Carrera de 75 km	16	25,3	42,3	-	41,1	22,4	32,0
Carrera de 100 km	7	39,0	62,2	-	-	-	-

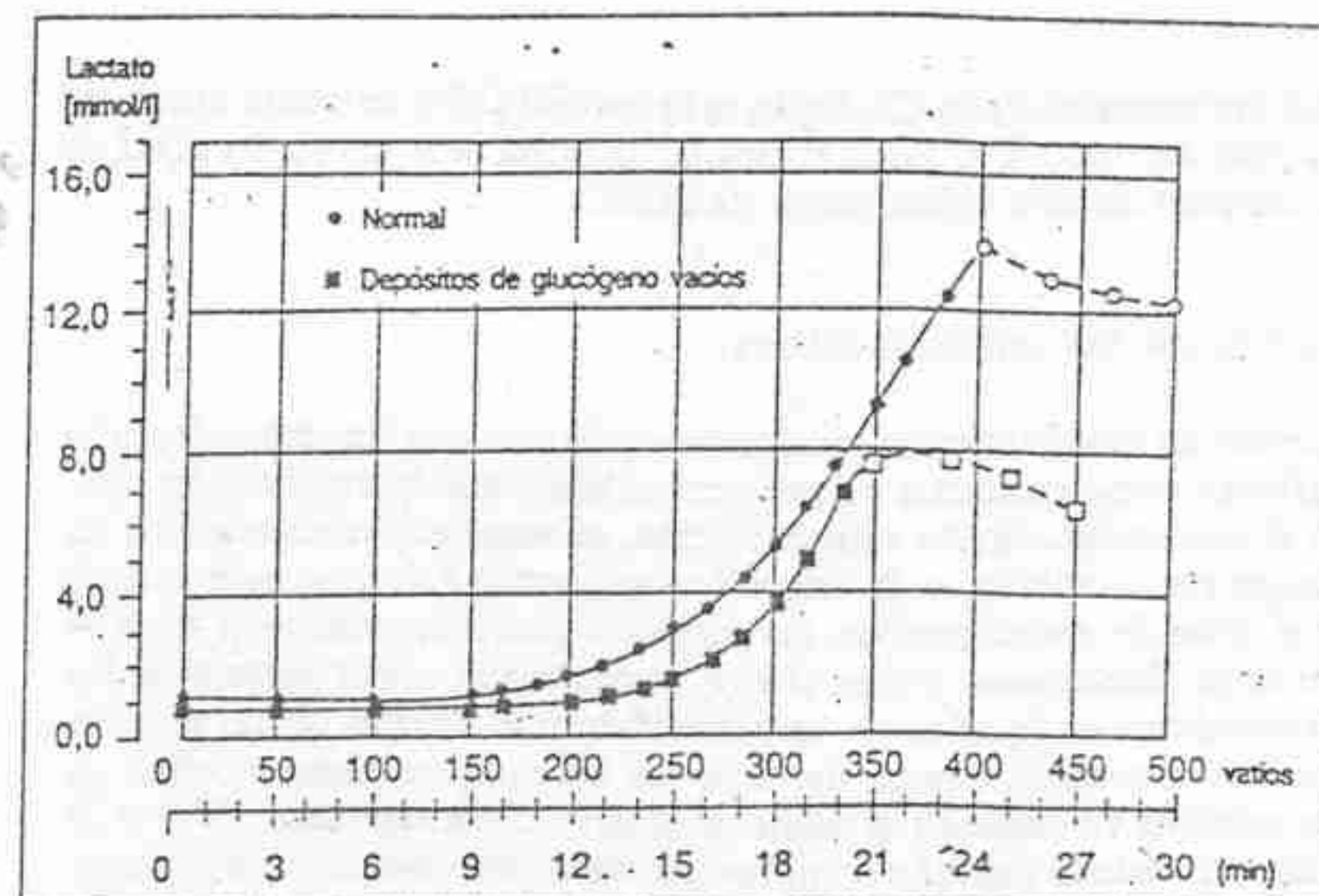


FIGURA 64: Curvas de rendimiento lactácido de un deportista después de dos días de descanso del entrenamiento y después de vaciar sus depósitos de glucógeno (según Buxse y cols., 1987, 455).

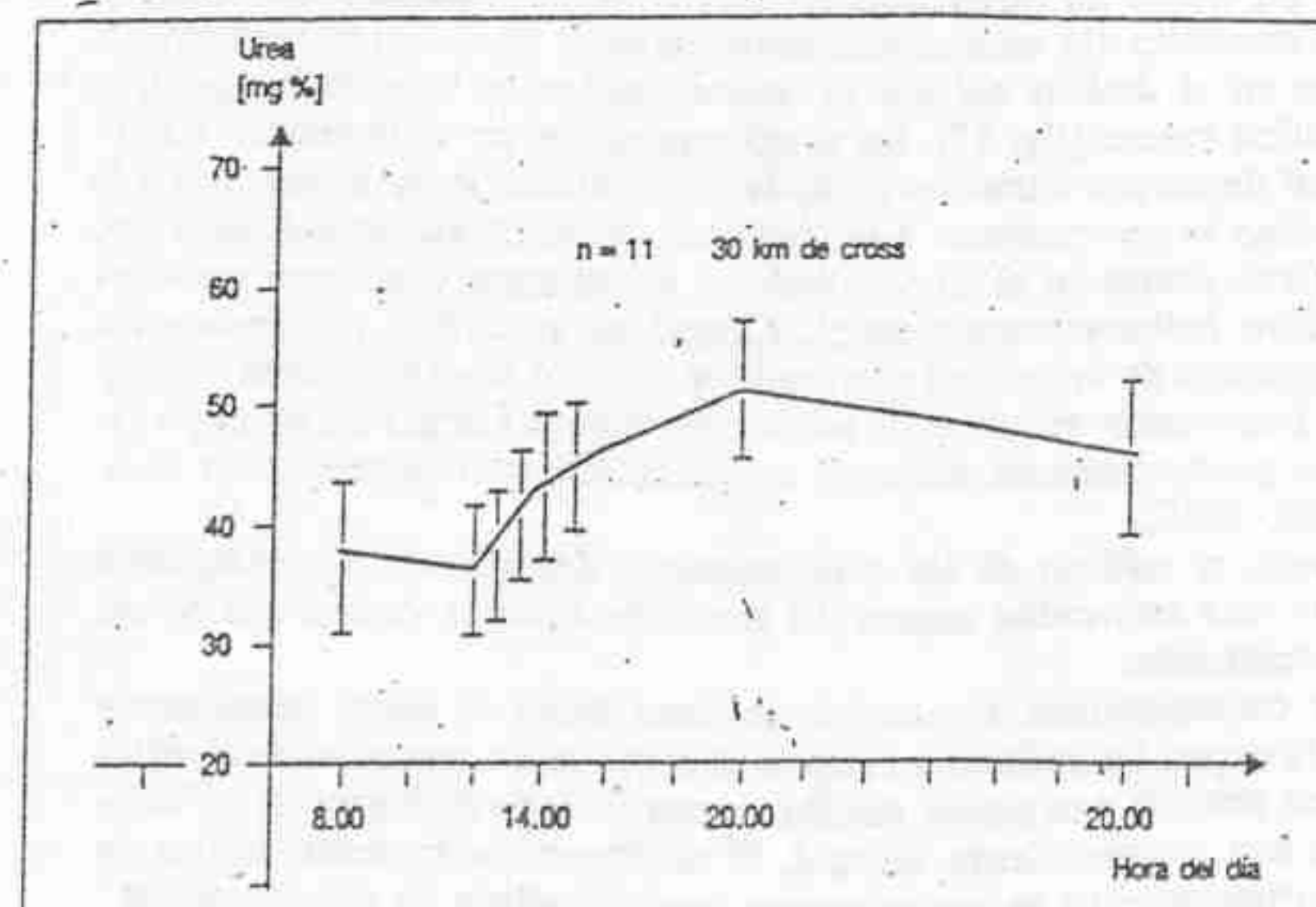


FIGURA 65: Después de cargas prolongada sube notablemente la urea igual que los desperdicios correspondientes de los aminoácidos, que no se suelen haber equilibrado a las 24 h después del esfuerzo (fuente: Keul y cols., 1986, 66).

hallan incrementos de la CK hasta más de 500 U/l y en casos concretos hasta más de 1.000 U/l. En la figura 65 se observa la curva del nivel de urea después de una típica carga de RDL.

Análisis de las catecolaminas

Desde los «fundamentos biológicos» sabemos que las cargas deportivas afectan como esfuerzos psicofísicos el equilibrio hormonal y en concreto el incremento de las catecolaminas, *adrenalina* y *noradrenalina* en la sangre y as. también en la orina. Los esfuerzos físicos aumentan ante todo el nivel de *noradrenalina*, las *psíquicas* preferentemente el nivel de *adrenalina*. ZIMMERMANN y cols. (1985) encontraron que el cociente de las concentraciones en la orina de *noradrenalina* y *adrenalina* (N/A) permite decisiones esenciales acerca del tipo de carga. Este cociente revela la carga *psíquica* en relación al esfuerzo físico. Cocientes altos ($N/A > 3$) indican un «estado inicial tranquilo» previo a una competición o un estrés psíquico bajo o bien poca motivación para el entrenamiento. Valores bajos del cociente demuestran un elevado nerviosismo (previo a la competición) o bien una elevada implicación psíquica (motivación) en el entrenamiento (fig. 66, entrenamiento competitivo de atletas buenos).

En las cargas de resistencia de diferentes intensidades, las catecolaminas muestran un comportamiento variado: en el entrenamiento extensivo en el ámbito del UA la *noradrenalina* se incrementa poco, la *adrenalina* apenas (fig. 67). En el entrenamiento en el ámbito del UA individual de mayor duración (más de 30 minutos) la *noradrenalina* y la *adrenalina* se incrementan más. Sesiones de entrenamiento de este tipo demasiado juntas en el tiempo pueden sobrecargar el sistema nervioso vegetativo (sobreentrenamiento). Cargas en el ámbito por encima del UAn (carreras de velocidad siguiendo el método de repeticiones) provocan el incremento máximo de ambas hormonas. Cargas de este tipo requieren posteriormente sesiones de entrenamiento regenerativas (KNEIDERMAN, 1987).

Luego, el análisis de las catecolaminas después del entrenamiento permite una valoración exacta del grado de esfuerzo, con el que se entrenó realmente.

Las catecolaminas se pueden analizar desde el suero sanguíneo y desde la orina. Su análisis en base a la orina es un procedimiento relativamente sencillo y se puede realizar como método rutinario en un laboratorio con equipamiento normal. Si el deportista muestra señales de sobreentrenamiento se recomiendan varios análisis de catecolaminas.

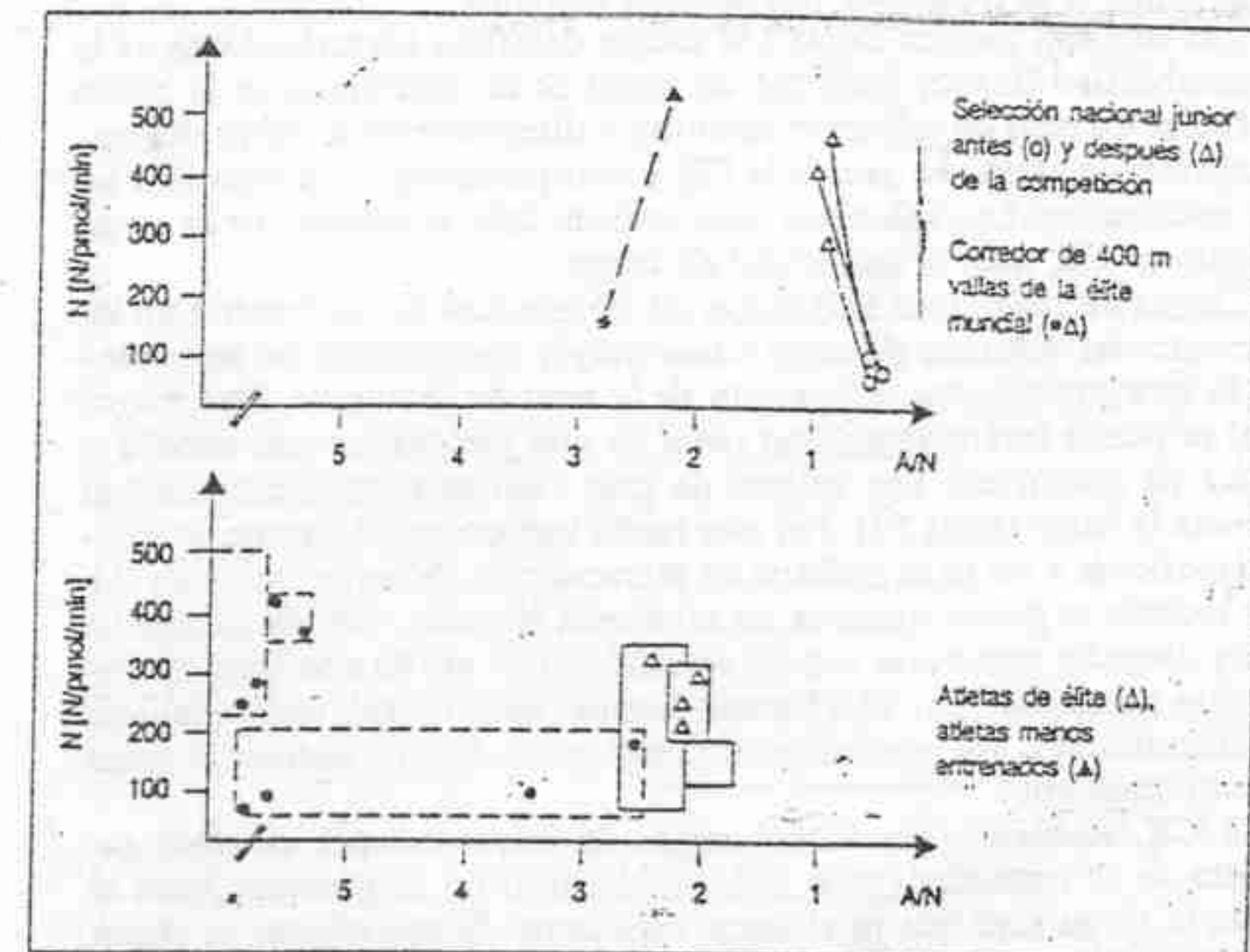


FIGURA 66: Comportamiento de las catecolaminas (A adrenalina, N noradrenalina) en jóvenes atletas de 400 m vallas y en un atleta de élite mundial (arriba) y los valores de entrenamiento (tomados después del entrenamiento) de atletas muy buenos y menos buenos (abajo) (fuente: ZIMMERMANN y cols., 1985, 380).

Análisis del amoníaco sanguíneo

En los últimos tiempos se evalúa para la planificación del entrenamiento el análisis del amoníaco de la sangre. De ello se esperan o bien se ven las siguientes posibilidades:

- información sobre la intensidad de la vía energética aeróbica (sustituye el análisis de lactato),
- en combinación con el análisis del lactato (cociente amoníaco/lactato) determinar el esfuerzo para los diferentes tipos de fibras musculares o bien la distribución de estos tipos (marcada producción de amoníaco en las fibras TFG),
- poder valorar, al menos en parte, el esfuerzo psíquico (LEHNERTZ, 1986).

El método de análisis mediante el Determinador de amoníaco (reflektómetro digital portátil) es muy indicado para tests de campo debido a su independencia del laboratorio y se puede basar en una pequeña extracción de sangre del lóbulo de la oreja (sangre capilar arterial). La me-

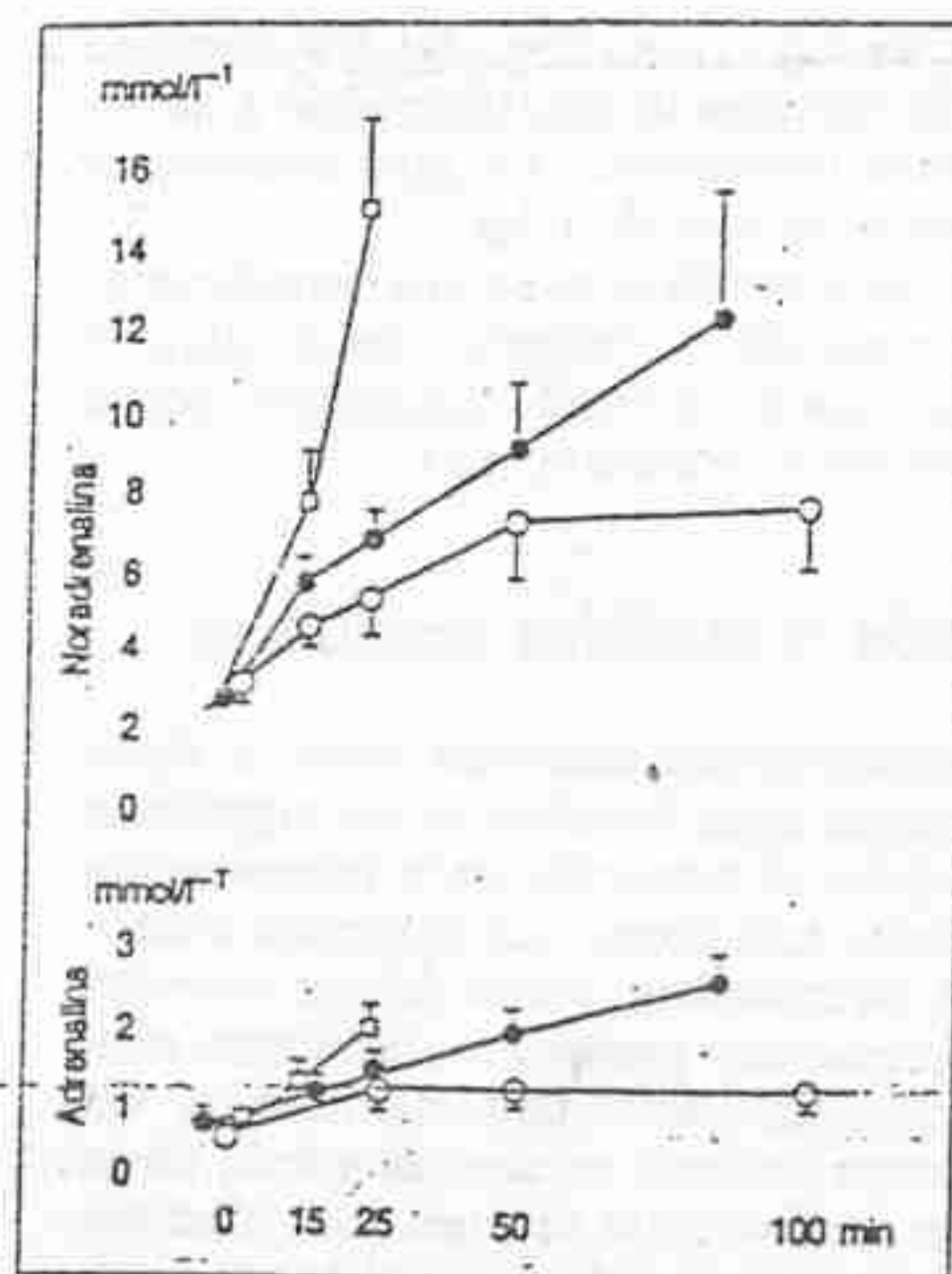


FIGURA 67: Comportamiento de noradrenalina (arriba) y adrenalina (abajo) en cargas de resistencia de diferentes intensidades: ○—○ carga extensiva de resistencia; ●—● carga intensiva de resistencia; □—□ carga continua de velocidad (fuente: KINDERMANN, 1987, 1039).

dición se puede realizar inmediatamente, el resultado se obtiene después de unos 15 minutos.

Pero también existen reparos fundamentales contra el análisis del amoníaco y algunos inconvenientes del método de determinación (KINDERMAN, 1988; HAGELOCH/WEICKER, 1988). La exactitud del análisis del amoníaco es baja, puesto que la dispersión del valor medido se sitúa en un 10% (¡1% en las mediciones de lactato en el ámbito de 4 mmol/l!). La demostrada relación entre los incrementos de amoníaco y lactato que son válidos para cargas cortas no lo son en caso de trabajo muscular prolongado (cargas de resistencia). Influencias térmicas en el aparato (rayos solares, frío invernal) provocan diferencias de $\pm 12-15\%$, siempre que producen una desviación de la temperatura de trabajo recomendada ($15-30^\circ\text{C}$). La salida de amoníaco por el sudor también puede distorsionar la concentración del amoníaco en la sangre. Por esta razón, el lugar de la extracción de sangre y las manos del personal no deben tener sudor.

Puesto que las experiencias prácticas en cuanto a los diferentes tipos de carga y a los valores normativos no son tan amplias como con la medición de lactato y urea/creatinkinasa, no nos centraremos más aquí en

este medio de control de la carga. Informaciones más detalladas y fundamentos bioquímicos se encuentran en la bibliografía antes indicada. Hemos de esperar hasta que los futuros estudios hayan solucionado la pregunta: ¿El análisis del amoníaco puede sustituir la medición del lactato o simplemente aporta más información valiosa sobre la planificación del entrenamiento?

Análisis electrolíticos

Las cargas de entrenamiento prolongadas en entrenamiento y competición también ocasionan pérdidas electrolíticas con las consecuencias mencionadas. Primordialmente se trata de los déficit en *potasio, magnesio y hierro*.

El potasio (K) sale durante la carga de la célula muscular. Su concentración en la sangre se aumenta a pesar de las pérdidas a través del sudor y la orina. Después de la carga, éste vuelve a bajar en la sangre, ya que la célula muscular tiene mucha demanda de él (sobre todo, para el almacenamiento del glucógeno). El abastecimiento con potasio se realiza lógicamente durante la fase de regeneración (frutas, zumos, etc.). Sus déficit son fáciles de equilibrar.

Las pérdidas de potasio delimitan la sensibilidad de la célula muscular, lo que se manifiesta como cansancio general. El ámbito normativo del potasio sanguíneo se sitúa en $14,0-20,3 \text{ mg\%}$ ($3,6-5,4 \text{ mmol/l}$); el límite inferior para deportistas se indica con $15,6 \text{ mg\%}$ ($4,0 \text{ mmol/l}$).

Las pérdidas de magnesio (Mg) durante una fuerte transpiración pueden llegar a ser tan grandes en combinación con la mayor captación de Mg en los órganos en acción para que el nivel de Mg en la sangre baje notablemente sin poderlo volver a equilibrar a menudo hasta pasadas 24 horas. Por esta razón encontramos en los deportistas con elevado volumen de entrenamiento frecuentemente niveles de Mg marcadamente bajos. En estos casos, una aportación profiláctica de Mg debería servir para no dejar que la concentración de Mg en la sangre baje nunca de los 2 mg\% . Siendo el valor normal de $1,9-2,5 \text{ mg\%}$ ($0,78-1,03 \text{ mmol/l}$), el valor óptimo para entrenados se sitúa en $2,15-2,45 \text{ mg\%}$ ($0,88-1,01 \text{ mmol/l}$). De esta forma se pueden evitar pérdidas extremas.

Las pérdidas de Mg interfieren en la sensibilidad del músculo de forma que se producen rampas. También se incrementa la permeabilidad de la membrana celular para las enzimas (por ejemplo, CK). De ello se desprende que la sustitución de Mg puede adquirir un cierto efecto protector para la célula muscular.

Las necesidades en hierro de los deportistas de rendimiento, sobre todo de en el ámbito de la resistencia se aumentan notablemente por tres razones: Existen mayores pérdidas a través de la transpiración y los riñones, debido al esfuerzo se delimita la resorción (captación desde el intestino) y existe déficit a través de pérdidas de sangre descontroladas.

Este último aspecto se refiere al caso de las menstruaciones de las deportistas y a la «anemia del corredor». Ésta se debe a disminuciones de hemoglobina a través de la destrucción mecánica de los glóbulos rojos a nivel de las plantas de los pies durante la carrera.

La falta de hierro puede tener diferentes consecuencias -sin y con anemia- (tabla 58). El valor límite del nivel de hierro en la sangre se sitúa en 80 µg/100 ml (valores normativos para hombres: 59-158, para mujeres: 37-145). Este valor no se debería sobrepasar. El contenido de hemoglobina correspondiente es de 15 y 14 g%, respectivamente (valor normativo para hombres: 14-18, para mujeres: 12-16).

Experimentos demostraron que los preparados de hierro mejoran notablemente la capacidad de rendimiento en caso de falta de hierro (KEUL y cols., 1986).

El análisis de los electrolitos sólo lo puede realizar el personal médico conjuntamente con un laboratorio. No obstante, los deportistas de resistencia, sobre todo los corredores, deberían pasar controles como mínimo cada tres meses (sobre todo, de hierro). No se debe dudar en sustituir durante varias semanas el hierro, siempre que se observen indicios de su falta.

Autocontrol de los atletas

Además de los medios más exactos de control que citamos del ámbito de la medicina deportiva, el deportista mismo dispone de posibilidades de controlar si carga y recuperación concuerdan con una relación correcta entre sí.

Cierta importancia se da a las pulsaciones en reposo medidas por la mañana después de despertarse. Sólo estas pulsaciones en reposo absoluto constituyen un cierto criterio de referencia: Pulsaciones notablemente más altas (unos 5-10 FC/min) que el valor medio pueden indicar una sobrecarga o bien una regeneración demasiado corta.

Tabla 58. La falta de hierro, sin y con anemia, delimita la capacidad de rendimiento y provoca malestar subjetivo, que se manifiesta sobre todo en forma de cansancio, falta de apetito, calambres musculares y alteraciones vasomotoras (según KEUL y cols., 1986, 78).

Sin anemia	Con anemia
1. Disminución del rendimiento de trabajo	1. Cansancio
2. Lactacidosis prematura	2. Falta de apetito
+ 3. Calambres musculares	++
+ 4. Alteraciones vasomotoras	++
+ 5. Reducción de la capacidad aeróbica	++
Reducción de la resistencia	++
+ 6. Lactacidosis reforzada	++

El control diario del peso (siempre a la misma hora del día) también puede ayudar en caso de un elevado volumen de entrenamiento a detectar sobrecargas pero también sobrealimentación. En este contexto se han de considerar diferencias de peso de más de 1 kg.

La observación del estado global de la propia persona que permite conclusiones eventuales acerca de sobrecargas o problemas de la salud se deben centrar primordialmente en el sueño, el estado descansado por la mañana y el bienestar antes y durante el entrenamiento.

Tiempos de regeneración y medidas auxiliares

Disponemos de numerosos conocimientos concretos sobre la duración de la regeneración de las diferentes áreas funcionales del organismo humano, procedentes de estudios sobre el desarrollo de la recuperación posterior a cargas intensas de distintas duraciones. Los presentes conocimientos y experiencias se deberían de considerar como valores normativos para la planificación del entrenamiento y posibles correcciones, aunque el complejo biológico de carga-recuperación finalmente tenga sus propias características y sólo las observaciones personales acerca de su transcurso permitan afirmaciones individuales fiables. Los tiempos anunciados difieren generalmente muchísimo debido a que la recuperación abarca distintas áreas del organismo (depósitos energéticos, función cardiovascular, equilibrio endocrino, equilibrio electrolítico, etc.) y a que pasa por un proceso que tiene forma de fases (incompleta, completa, sobrecompensada). Para simplificar este acontecimiento complejo dividimos el proceso regenerativo globalmente en una fase temprana, tardía y de sobrecompensación (BADTKE y cols., 1987, 331) (tabla 59). En la realidad, estas fases se solapan mucho. Con la tabla 60 pretendemos ubicar este acontecimiento diferenciado dentro de una sistemática general.

Varios hechos peculiares ponen de relieve que en relación a su regeneración, las cargas de resistencia se han de valorar en entrenamiento y competición primordialmente según su intensidad. En segundo lugar se ha de tener en cuenta la duración de la carga en concreto. Generalizando podemos decir:

- El entrenamiento en el ámbito de cargas extensivas (inferiores a 2-3 mmol/l) de menos de 1 hora de duración no se gastan ni las reservas de glucógeno ni la regulación hormonal en gran medida. Se utiliza también como entrenamiento regenerativo y es factible realizarlo a diario. Un entrenamiento extensivo de 1 1/2-2 horas y más implica incluso frente a un predominio de la lipólisis un fuerte desgaste de los depósitos de glucógeno y pérdidas de líquidos frecuentemente elevadas. Se necesitarán 1-2 días de regeneración, si la carga fue intensiva.

Tabla 59. Fases del proceso de regeneración (en base a BADTKE y cols., 1987, 330).

	Duración	Procesos
Fase temprana	Hasta 6 h	<ul style="list-style-type: none"> - Regeneración de fosfatos ricos en energía - Recuperación de frecuencia cardíaca y presión sanguínea, frecuencia respiratoria - Degradación de ácidos lácticos, normalización del nivel de acidez - Restauración de las funciones nervioso-musculares - Inicio de la restauración de sustratos
Fase tardía	6-36 h	<ul style="list-style-type: none"> - Llenado de los depósitos de glucógenos muscular y hepático - Incorporación de grasas en la célula muscular - Regeneración de proteínas contráctiles - Regeneración de tejido ligamentoso y tendinoso
Fase de subrecompensación	De 36 h hasta varios días y semanas	<ul style="list-style-type: none"> - Sobreequilibración de los procesos lentos de restauración (por ejemplo, proteína estructural, depósitos de hormonas, concentraciones de electrolitos)

- El entrenamiento intenso en el ámbito del UAn y poco por encima de él es de nuevo factible a las 24 horas con una alimentación específica basada en hidratos de carbono ya que los depósitos de glucógeno estarán casi compensados. No obstante, las hormonas implicadas (catecolaminas) requieren con vista a largo plazo una fase regenerativa de dos días.
- El entrenamiento intenso con cargas anaeróbico-lactácidas (entrenamiento interválico intensivo, trabajo de repeticiones intensivo), que, mediante las elevadas concentraciones de lactato, perjudica las mitocondrias de las células musculares, que interfiere en el equilibrio electrolítico mediante la sobreacidez y que necesita la liberación de catecolaminas para activar la glucólisis, requiere por todo esto un tiempo de regeneración de 2-3 días.
- El tiempo de recuperación puede prolongarse después de competiciones de resistencia debido a los esfuerzos nerviosos más fuertes y también hormonales (incluso en comparación a entrenamientos intensivos). Con frecuencia hemos de esperar después de competiciones de RDC y RDM (sobre todo con carreras cualificativas adicionales) hasta 3 días y después de concursos de maratón y de ultra-RDL (debido a la degradación de proteínas) hasta 5 días para volver a trabajar con cargas intensivas.

En vista del volumen actual de entrenamiento y de la elevada densidad de sesiones de entrenamiento, no debemos dejar abandonados los procesos de recuperación sino que hemos de ayudarlos sistemáticamente

Tabla 60. Tiempos medios de cada uno de los procesos de regeneración después de un esfuerzo correspondiente (elaborado en base a datos de KEUL y cols., 1986, KINDERMANN, 1978, BADTKE y cols., 1987).

Distribución global en fases	Procesos regenerativos	Duración	Carga necesaria
Fase temprana 0-6 h	- Restitución del CP (sobrecompensación)	3-5 min 20-30 min	- Cargas máximas (alactácidas) 10-12 s
	- Degradación del lactato sanguíneo (tiempo de degradación de la mitad)	1-3 horas apr. 15 min	- Carga anaeróbica intensiva (lac > 10-12 mmol/l)
	- Inicio de la restitución de glucógeno, sobre todo en las fibras FT	hasta 30 min.	- Anaeróbico-lactácida con esfuerzo en las fibras FT
Fase tardía 6-36 h	- Compensación del glucógeno, sobre todo en las fibras ST	24-36 horas	- Carga aeróbica intensiva (45-60 min)
	- Equilibración electrolítica (Na, K)	6 horas	- Carga prolongada con pérdidas de líquidos (> 1 h)
	- Sintetización de proteínas contráctiles (actina, miosina)	12-48 horas	- Cargas musculares máximas
Fase de sobrecompensación 2-5 días (hasta semanas)	- Compensación de las enzimas musculares perdidas	48-60 horas	- Cargas altamente intensivas y de extrema duración (RDL III y IV)
	- Resíntesis de las proteínas estructurales (por ejemplo, mitocondrias)	48-72 horas	- Formación frecuente de lactato en el músculo (sobreacidez)
	- Sobrecompensación de los depósitos de glucógeno	2-3 días (dieta en hidratos de carbono)	- Carga aeróbica intensiva (60-90 min)
	- Compensación electrolítica (Mg, Fe)	2-3 días (sustitución)	- Carga prolongada con pérdidas de líquidos
	- Compensación del equilibrio endocrino: resíntesis de catecolaminas	2-3 (5) días	- Carga anaeróbico-lactácida, cambios frecuentes de la intensidad, estrés psíquico
	Resíntesis de cortisona	2-5 (7) días	- Cargas de maratón y ultra RDL
	- Nueva síntesis de proteínas estructurales (enzimas, mitocondrias, tejido ligamentoso y tendinoso)	Días-semanas	- Cargas prolongadas y relativamente intensivas

con *medidas complementarias*. La finalidad de estas medidas es *acelerar el proceso regenerativo* después de cargas de entrenamiento y de competición. Pero esto no debe disminuir los avances de la adaptación procedentes de la carga del entrenamiento, lo que ocurriría si no se tuviera en cuenta la complejidad de los procesos de regeneración. Puesto que el cansancio durante la carga abarca diferentes sistemas funcionales del organismo, las *medidas complementarias* serán evidentemente *muy variadas*. Se han de *coordinar entre sí* según las necesidades y efectos.

Concretamente nos centraremos en las siguientes:

Carrera suave final, masaje, sauna, baño caliente, sol artificial, electroterapia y medidas alimenticio-fisiológicas.

Carrera suave final

El sentido de esta actividad física es en primer lugar la eliminación acelerada de los *restos metabólicos*, a través de los sistemas sanguíneo y linfático. Investigaciones (ROTH y cols., 1973, 271) demostraron que el *trabajo muscular activo produce un aumento superior de la circulación (unas 6 veces)* que cualquier aplicación pasiva (masaje 1,5-2 veces, aproximadamente). También se demostró (KINDERMAN, 1978, 352) que, después de tareas de carrera, el *nivel de lactato sanguíneo se elimina con mucha mayor rapidez mediante una carrera suave de media hora* que con el cansancio. Además del mayor abastecimiento con productos metabólicos durante la primera fase poscarga (unas 2 horas) se efectúan también *procesos esenciales de la estabilización de la homeostasis*. Éstos también resultan influenciados por una actividad física de baja intensidad (30-50% del rendimiento máximo, por debajo del UA) y de un volumen de unos 15-20 minutos. Los «ejercicios de carrera final» deberían contener también *efectos de relajación y de distensión* para la musculatura (ejercicios gimnásticos de relajación), además de un *efecto activador para la circulación*.

Masaje

Nos interesan dos formas de masaje en relación con el control del rendimiento:

El *masaje regenerativo* para después de esfuerzos más elevados tiene como objetivos esenciales la *eliminación de sustancias de desecho metabólicas, la disminución del tono muscular y la conmutación vegetativa*. El masaje no es apropiado en caso de «agujetas» procedentes de daños mecánicos y de la hipótesis del ácido láctico. Entonces se produciría una mayor irritación muscular que aumentarían el fenómeno de las «agujetas».

El *masaje preparatorio* previo a la competición pretende *incrementar la circulación y relajar la musculatura* y en casos *interferir en la psique* del atleta. Sin embargo, la irrigación conseguida de esta forma no puede

sustituir un calentamiento activo. La importancia radica más bien en el relajamiento de la musculatura y en la moderación de irritaciones extremas. A través de la estimulación de los finales nerviosos sensibles cutáneos también se puede alcanzar el sistema nervioso vegetativo provocando una *desviación del tono vegetativo hacia la vagotonía* (disminución de la frecuencia cardíaca, respiración más lenta y profunda).

Sauna

Las *aplicaciones de sauna suficientemente distanciadas del final del entrenamiento o de la competición* ayudan al deportista ante todo a *descansar rápidamente* (aumento de la irrigación periférica con eliminación de sustancias de desecho), a *relajar los músculos* (calentamiento del tejido) y a *conmutar el sistema vegetativo*.

Generalmente se recomienda un baño de sauna *una vez por semana*. Una vez acostumbrado y reduciendo las aplicaciones (a 5-6 minutos cada una), la sauna como acelerador de la regeneración se puede aplicar también varias veces por semana entre las sesiones de entrenamiento. La sauna se debe de evitar previamente a las competiciones (distancia mínima de 24 horas).

Baño caliente

El *baño caliente resulta ser la más apropiada* de las medidas complementarias del entrenamiento de toda la amplia gama de formas hidro y termoterapéuticas. En él intervienen los *efectos estimuladores de la temperatura y el efecto de la fuerza ascensional*. Después de un *baño en agua de 36-38°C de unos 10-15 minutos* se registran *destonificaciones de la musculatura, mejor circulación y un efecto tranquilizante* en el ámbito vegetativo. Este efecto se aumenta si se realizan ligeros movimientos. Después del baño suele haber la necesidad de descansar. El baño resulta mejor que la sauna o la ducha caliente por su efecto calórico inmediato.

Nadar en agua de temperatura adecuada (superior a los 26°C) aporta una parte de estos efectos, constituyendo, por su mayor actividad, un *intermedio entre el baño caliente y la carrera suave*.

Sol artificial

Los rayos UV son una parte de la luz solar esenciales para la terapéutica. Su aplicación artificial se basa en su *efecto activador para el metabolismo* (activación de los sistemas enzimáticos) y pretende un incremento de capacidad física y una mayor inmunodefensa. También se adjudica a los rayos UV un *efecto positivo sobre el sistema endocrino* (liberación de testosterona) con su influencia posiblemente esencial para la recuperación y el desarrollo muscular. Su aplicación combinada con

la luz infrarroja (radiación calórica) puede incrementar este efecto mencionado (fomentar la irrigación sanguínea) alcanzando por otro lado un efecto tranquilizador y armonizador para el sistema nervioso vegetativo.

Electroterapia

A partir de las aplicaciones eléctricas de la fisioterapia sabemos que las *corrientes galvánicas* (corriente continua) *descansan rápidamente a la musculatura* situando electrodos anchos sobre los agonistas y antagonistas de los músculos anteriormente trabajados (*incremento activo de la irrigación*).

Algo parecido ocurre con el *baño de Stanger* (baño de agua con corrientes eléctricas, duración 10-30 minutos). Mediante conexiones des-tonificantes se puede conseguir una regeneración relativamente rápida y duradera (PABST, 1986). No obstante y puesto que el efecto resulta muy intenso se debería de respetar una *distancia de 2-3 días hasta la próxima carga fuerte de entrenamiento*.

Alimenticio-fisiológicas

Sabemos que con las exigencias de entrenamiento en el deporte de alto rendimiento pueden surgir *déficit nutritivos y electrolíticos*. La situación metabólica de índole catabólica se ha de transformar lo más pronto posible en anabólica a través de sustituciones sistemáticas. Las aplicaciones necesarias y los efectos esperados, esenciales para la regeneración, se desprenden de la tabla 61. KONOPKA (*La alimentación del deportista*; Martínez Roca, 1988) ofrece datos detallados y concretos al respecto. Aquí sólo destacamos algunos aspectos de las líneas maestras.

La *alimentación proteica* es necesaria para el *entrenamiento de la resistencia a intensidades elevadas*. Las proteínas ingeridas han de cubrir las necesidades en aminoácidos que, por su parte, se requieren para sintetizar proteínas (por ejemplo, las proteínas mitocondriales, hormonales y enzimáticas). El efecto regenerativo se inicia con el final de la fase de carga. Esto significa que se han de ingerir a tiempo, incluso antes del entrenamiento.

La *aportación de hidratos de carbono* se necesita sobre todo en el deporte de resistencia cuando se *vacían los depósitos de glucógeno* por las cargas intensivas y voluminosas. Con una dieta variada normal se tarda 46-48 horas en volver a llenar los almacenes, mientras que una dieta rica en hidratos de carbono (60-80% de hidratos de carbono) puede reducir este proceso de resíntesis a unas 24 horas. Durante las *primeras 10 horas después de la carga* se efectuará la *síntesis más rápida de glucógeno*. Este dato es importante para la dieta entre las sesiones de entrenamiento. Pero a la vez se requiere una *mayor aportación de agua y potasio*,

Tabla 61. Las aplicaciones necesarias y efectos previsibles de sustancias ergógenas en el deporte son esenciales para la regeneración y la disminución del cansancio. Además de sustratos proveedores energéticos como hidratos de carbono, proteínas y grasas, los electrolitos y los oligoelementos adquieren especial importancia, ante todo el hierro y las vitaminas, ya que fomentan de forma decisiva el transporte de oxígeno y la respiración interna de la célula (según XZU y cols., 1986, 81).

Hidratos de carbono (mono, oligo y polisacáridos)		
Después de fuerte carga de entrenamiento:	Glucógeno	++
Previamente a las competiciones:	Depósitos de hidratos de carbono	++
	Utilización de hidratos de carbono	++
	Utilización de grasas	—
	Grado de efectividad	++
Proteínas y aminoácidos		
Entrenamiento de la fuerza:	Efecto anabólico para el músculo	+
Entrenamiento de la resistencia:	Provisión de ácido dicarbónico (glutamato, aspartato [ciclo de Krebs])	+
	Eliminación de desperdicios metabólicos (metilización metionina)	+
	Formación de sangre	+
Electrolitos (Na, K, Mg, etc.)		
Cargas con elevada sudoración:	Excitabilidad muscular	+
	Contracción muscular	+
Oligoelementos (Fe, Co, Mn, Zn, etc.)		
Entrenamiento intensivo y competición:	Transporte de O ₂	+
	Hemoglobina	+
Entrenamiento en la altura:	Mioglobina	+
	Respiración interna	++
	Enzimas	+
	Cadena respiratoria	+
Vitaminas (Vit. C, B [complejo], ácido fólico, nicotinamida, etc.)		
Entrenamiento y competición:	Formación de sangre	+
Entrenamiento en la altura:	Balance energético	+

sio, ya que la deposición de glucógeno sólo funciona en combinación con estas materias.

Para la creación de mayores depósitos de glucógeno para las competiciones se aplica el *principio de sobrecompensación*. Se aplican principalmente tres formas de proceder:

1. 7 días antes de la competición se *vacían los depósitos de glucógeno* mediante un entrenamiento intenso y voluminoso. Se continúa con una *dieta de grasa y proteínas* durante 3-4 días entrenando a baja intensidad y durante los *últimos 3 días* se efectúa una *ceba-*

dura en base a hidratos de carbono. De esta forma se llenan los depósitos musculares al máximo.

2. La carga de entrenamiento para el vaciado está a 3-4 días de la competición. A partir de entonces se sigue con una *dieta rica en hidratos de carbono* y con entrenamientos a baja intensidad.
3. Sin vaciar los depósitos se sigue una *dieta mayoritariamente rica en hidratos de carbono durante 3-4 días*. Se produce un llenado moderado pero no la sobrecompensación. Esto es suficiente para muchos deportes.

Durante una competición (concurso resistencia, partidos, torneos, etcétera) también se requiere una *ingestión acertada de hidratos de carbono* para completar constantemente los glucógenos. La mejor forma es a través de *preparados de hidratos de carbono y minerales para beber*, ya que conjuntamente con el desgaste de hidratos de carbono se pierden también minerales (NaCl, potasio, magnesio, etc.) a través de la transpiración. También es esencial que se ingiera una *solución isotónica*. Esto significa que la concentración de las sustancias se parece a la de la sangre (por ejemplo, azúcar al 5%; 5 g de azúcar común para 100 ml de líquido).

Aportación de electrolitos: siempre que en entrenamiento y competición se pierda mucho sudor, se requiere la sustitución del líquido y de los electrolitos para afrontar una bajada del rendimiento. La *sal común* se puede completar rápidamente con *alimentos normales* (por ejemplo, una sopa salada). Más *problemática resulta la aportación de potasio y magnesio*. La forma más segura de garantizar una ingestión equilibrada en caso de carencia, los electrolitos de todos los tipos y también de algunos oligoelementos (hierro, cinc) es a través de *preparados minerales para beber*. La utilización de bebidas naturales (por ejemplo, zumos de fruta) es posible, pero se requieren conocimientos concretos para ello (véase KONOPKA, 1985, 126).

Aportación de vitaminas: Las necesidades en vitaminas son mayores con las cargas deportivas (3-4 veces). Su falta se plasma en una bajada de la capacidad de rendimiento físico. Una ingestión de vitaminas lo puede equilibrar, pero las sobredosis no tienen mayor efecto para el rendimiento. Se trata en primer lugar de las vitaminas B₁, B₂, niacina y C que sufren un déficit entre su gasto y recuperación natural a través de la dieta. Primero se ha de intentar cubrir este déficit con una selección controlada de *alimentos completos*. Las sobredosis en vitaminas también pueden resultar desfavorables si inciden directamente en el metabolismo nutritivo e indirectamente a través de niveles intermedios. Visto desde esta perspectiva es mejor ingerir *preparados multivitamínicos*.

Alcohol: Se ha de mencionar en este contexto ya que puede perjudicar mucho la *segregación de testosterona* durante el descanso nocturno. Pero la célula muscular necesita la testosterona para su regeneración. Por ello se debe prescindir de bebidas alcohólicas (sobre todo de elevada concentración) inmediatamente después del entrenamiento. A pesar de que la cerveza puede tener un cierto efecto positivo (contenido equilibrado en minerales, hidratos de carbono, efecto tranquilizante) no se ha de tomar en mayores cantidades debido a su contenido alcohólico.

Tiempos de adaptación en relación a la periodización y ciclización del entrenamiento

La estructura temporal de periodos o bien ciclos de entrenamiento (macro, microciclos) dentro de la planificación del entrenamiento se basa en el fondo en el conocimiento o las experiencias sobre los *tiempos de adaptación*, es decir, de los *tiempos que se tarda en observar un cierto efecto de las cargas de entrenamiento*.

Es muy difícil ofrecer informaciones globalmente válidas en este contexto, puesto que la *adaptación depende de la capacidad individual de adaptarse*, del *nivel de entrenamiento* existente y de la *envergadura de la carga* (intensidad, volumen, frecuencia de entrenamiento). Por otro lado, el *conocer los tiempos de adaptación* ayuda en la planificación del entrenamiento constituyendo así un *medio de control*.

Los hechos conocidos en base a experimentos y observaciones con sus eventuales consecuencias se resumen a continuación brevemente:

- Entrenamiento profiláctico siguiendo el programa mínimo (tiempo bruto de carga por semana: 60 minutos).

La *efectividad* de este tipo de entrenamiento se demuestra ya a las *8-10 semanas, aproximadamente*, en una mejora de la captación máxima de oxígeno en un 12-15%, aproximadamente. (HOLLMANN/HETTINGER, 1980). La mejora es evidentemente más lenta una vez alcanzado un *nivel de resistencia más elevado*. Pero después de un total de *12-15 semanas* se observan claramente mejoras hasta en el ámbito de los datos normativos para la salud incluso en personas más mayores. COOPER, por ejemplo, determina los siguientes tiempos para ascender en su grupo de rendimiento número IV (distancia recorrida superior a 2.800 m, volumen relativo de oxígeno superior a 42 ml/kg/min): desde el grupo I (inferior a 28 ml/kg/min) *16 semanas*, desde el grupo II (inferior a 34 ml/kg/min) *13 semanas*, desde el grupo III (inferior a 42 ml/kg/min) *10 semanas*.

- Entrenamiento profiláctico siguiendo el programa óptimo (tiempo bruto de carga por semana: 3 horas).

Los efectos de entrenamiento (adaptaciones) se muestran en estas circunstancias de volumen e intensidad después de 10-12 semanas de forma que la capacidad aeróbica puede incrementarse en un 20%, aproximadamente, frente a un nivel inicial bajo (volumen de oxígeno relativo en unos 45 ml/kg/min).

- El entrenamiento de la resistencia de base I y de la resistencia de base acíclica en el deporte de rendimiento.

Los tiempos requeridos para adaptaciones claras de entrenamiento se sitúan en función de la calidad de resistencia (RB I o RB acíclica) entre las 10 y 15 semanas (30-40 sesiones de entrenamiento). Hemos de tener en cuenta que los deportistas de rendimiento en deportes de equipo y de no resistencia no están sin entrenar la resistencia, lo que se refleja en un *proceso más lento de adaptación* frente al deportista de ocio totalmente no entrenado. Después de haber pasado la mitad del tiempo (unas 6 semanas, 15-18 sesiones de entrenamiento) se registra un primer incremento de la capacidad de resistencia. Esta mejora también es mucho *menos estable*. Hemos de contar con pérdidas rápidas (en unas 3 semanas).

En este espacio de tiempo de 5-6 semanas también se caracteriza por el hecho que las *mismas intensidades de carga exterior* (por ejemplo, FC/min) *pierden su efectividad*. Por ello se ha de producir un *cambio de la forma de carga* dentro del marco de la periodización (estructura del macrociclo).

En la práctica del entrenamiento (fútbol, tenis, lucha, etc.) es importante por razones obvias periodizar el entrenamiento de la resistencia siguiendo la segunda forma indicada que es menos favorable. Se ha de tener claro que a menudo se presenta una solución insatisfactoria y que en ciertos casos (fuertes déficit de resistencia que restringen el rendimiento) se debe seguir la periodización más larga. Otro procedimiento sería *colocar un ciclo de 6 semanas por dos veces consecutivas* con una corta interrupción (de unas 2 semanas). Esto suele ser más fácil de coordinar con el plan de partidos o torneos.

- El entrenamiento de la resistencia de base II y de tipos específicos de entrenamiento.

Estos tipos de resistencia requieren fundamentalmente una evolución de *varios años* relevándose *fases de incremento y de estancamiento pasajero* debido al proceso de adaptación biológica. Ejemplos procedentes de diferentes deportes de resistencia demuestran que para alcanzar un *nivel de élite internacional* se requieren 7-12 años de *entrenamiento* registrándose fases de 2 a 4 años de incremento del rendimiento y de su estancamiento, respectivamente.

Para la *planificación a corto y medio plazo* del entrenamiento de tipos específicos de resistencia resultaron efectivos tiempos de 3-5 semanas (15-25 sesiones de entrenamiento) y de 6-10 semanas (30-50 sesiones de entrenamiento), respectivamente. En 3-5 semanas, por ejemplo, se observan *adaptaciones estructurales significativas a nivel de las*

células musculares, cargando con *intensidades de 4-12 mmol/l* de producción láctica (FÖHRENBACH, 1986). En un entrenamiento de maratón de *fuerte enfoque aeróbico* se efectúa una adaptación de la forma deportiva en *ciclos de 6-10 semanas* (LENZI, 1987). Después de 4-8 semanas se registran claramente las reacciones enzimáticas y diferenciaciones metabólicas de las fibras musculares a consecuencia de la carga del entrenamiento.

Documentación del entrenamiento

Los medios hasta aquí mencionados no serán suficientes para el control del desarrollo del rendimiento. Sólo su *comparación con el entrenamiento realizado* permite un aprovechamiento óptimo de los resultados procedentes de la aplicación de estos medios de control.

Un requisito para estos análisis de resultados es la *documentación de datos*. Se debe de realizar de forma que se informe sistemáticamente acerca de los *datos personales* (nombre, peso, estado subjetivo, etc.), las *categorías de intensidad*, el *volumen de entrenamiento* (también de cada nivel de intensidad), los *contenidos de entrenamiento* y eventualmente también de las formas de entrenamiento.

El registro de los datos de entrenamiento garantiza el poder explicar un *cambio de rendimiento en función del tiempo empleado y de los contenidos y métodos de entrenamiento aplicados*.

Hoy día se alcanza una mayor efectividad del análisis del entrenamiento a través del *registro y análisis informatizado* de los datos de entrenamiento y competición ya existentes para las disciplinas de resistencia. En este contexto recomendamos la bibliografía específica (PÖLTZ, 1988, 407).

Entrenamiento de la resistencia en edades infantil y juvenil

Actualmente existen los suficientes resultados diferenciados de áreas indicadas (medicina deportiva) acerca de la capacidad de resistencia y entrenabilidad de la resistencia en edades infantil y juvenil para *cam- biar la imagen de las cargas de resistencia* en estas edades frente a años anteriores. Mientras antiguamente a menudo se advirtió una sobrecarga debido a esfuerzos prolongados se valora actualmente el problema de cargas inadecuadas de resistencia desde la perspectiva de la aplicación de elevadas intensidades de carga (de corta duración) y sobre todo desde la *infracarga* general debida a la actividad motriz cotidiana y del deporte escolar corriente.

Actualmente ya sabemos, por ejemplo, que *niños y adolescentes muestran los mismos fenómenos de adaptación que los adultos frente a las cargas de resistencia* (KÖHLER, 1977, 606) y que los niños entrenados en resistencia pueden tener volúmenes cardíacos relativos de unos 15-18 ml/kg (CHRUSTSCHOW y cols., 1975, 366) lo que corresponde al tamaño del corazón del deportista. Por otra parte también se plasmó que *cargas de entrenamiento del 50% aproximado de la capacidad máxima de rendimiento* —incluso con un volumen suficiente— *no provocan mejoras cuantificables* del volumen máximo de oxígeno en los niños entre 8 y 12 años, sino que sólo implican un mayor rendimiento a través de una coordinación más óptima (KEUL y cols., 1982, 264). Esto no satisface ni las necesidades higiénicas.

A continuación trataremos los aspectos esenciales de la temática mencionada sólo en un breve resumen ya que existe una amplia bibliografía sobre este tema (véase bibliografía sobre el entrenamiento con niños/adolescentes).

Tabla 62. Distribución de los niveles evolutivos según la edad.

	Nivel evolutivo	Edad [años]
Edad escolar temprana	Edad infantil	6/7 hasta 10
Edad escolar tardía		10 hasta inicio de la pubertad (chicas 11/12; chicos 12/13)
Primera fase puberal (pubescencia)	Edad juvenil	Chicas 11/12 hasta 13/14
Segunda fase puberal (adolescencia)		Chicos 12/13 hasta 14/15
		Chicas 13/14 hasta 17/18 Chicos 14/15 hasta 18/19

Niveles de edad

De la tabla 62 se desprenden las *edades biológicas* que se han de considerar para el ámbito de niños y adolescentes. Cada nivel de evolución biológica tiene sus particularidades y preferencias para la entrenabilidad de capacidades de condición física y coordinación.

Sabemos de las características de las edades que:

- en la edad escolar temprana existen buenas condiciones para adquirir *destrezas motrices* y para *mejorar las destrezas de coordinación*,
- la edad escolar tardía es el mejor momento para *practicar técnicas deportivas básicas*,
- la pubertad y adolescencia se ofrece muy bien para las *capacidades de condición física* debido al fuerte crecimiento.

La resistencia de base (resistencia aeróbica) *se puede entrenar en todas las edades*. La fase sensitiva (= fase de mayor entrenabilidad) se sitúa en la pubertad (KONZER, 1981, 201).

Las capacidades de resistencia anaeróbica se incrementan durante la pubertad pero su entrenamiento *obtiene mayor efecto sólo en la adolescencia*.

Condicionantes biológicos de la capacidad de resistencia aeróbica

En este contexto podemos hablar mayoritariamente de condiciones favorables debido a los siguientes hechos:

- El sistema cardiovascular reacciona igual que en el adulto frente a cargas de resistencia. Sin embargo, la *adaptación es más rápida*. Niños entre 5 y 12 años alcanzan ya a los 30 segundos después de iniciar una carga máxima el 50% aproximado del volumen máximo de oxígeno, mientras que el adulto sólo llega al 33% (KLIMT y cols., 1975, 163).
- Frecuencias cardíacas muy altas de esfuerzo (200/min y superiores; fig. 68) son *normales*, ya que las de reposo son más elevadas (en niños de 8 años: unas 90/min, de 12 años: unas 80/min, adultos: unas 70/min). Esto tiene consecuencias para las *frecuencias cardíacas de esfuerzo con efecto de entrenamiento*: El mínimo para niños se sitúa en 150/min (efecto: se baja la frecuencia cardíaca de reposo), el óptimo en 170/min (efecto: mejoramiento del volumen máximo de oxígeno), para jóvenes en 140/min y 160/min, respectivamente (BLÖDORN/SCHMIDT, 1977). Sin embargo, es difícil hallar en niños la intensidad de carga mediante la frecuencia cardíaca en esfuerzo, puesto que ésta apenas varía entre entrenados y no entrenados y que ante

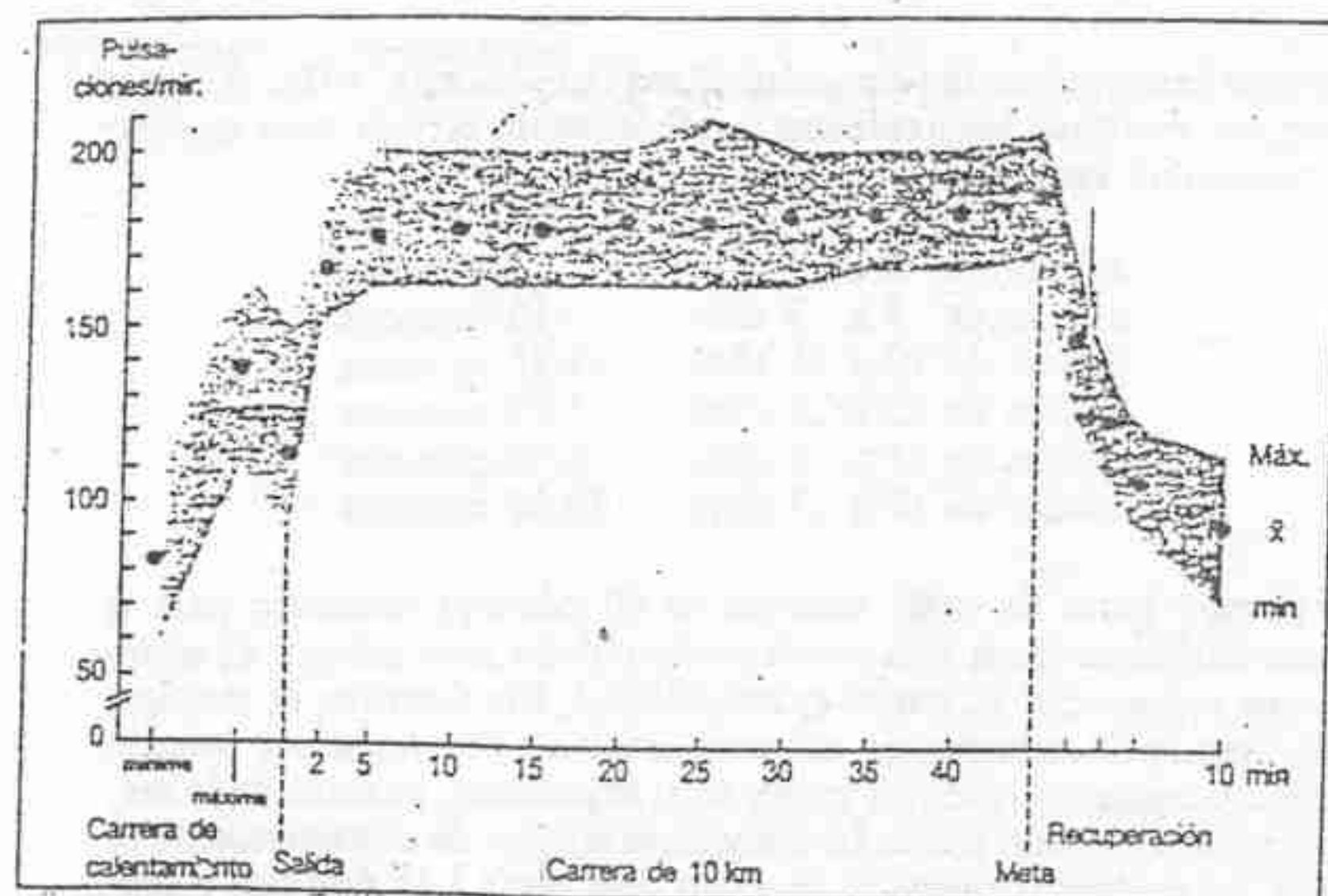


FIGURA 68: Gráfica de las frecuencias cardíacas de escolares entrenados en edades escolar temprana y tardía, durante y después de una carrera de 10 km (BUSCHMANN, 1986, 36).

elevadas frecuencias (FC/min 170-180) aún pueden haber incrementos notables de la intensidad. Es más lógico controlar la intensidad de carga a través de la velocidad de desplazamiento.

- El tamaño relativo del corazón (en relación al peso corporal) es igual que en los adultos. El valor normativo de niños no entrenados se sitúa en 12 ml/kg; los entrenados en resistencia alcanzan valores entre 14,9 y 18,1 ml/kg (CHRUSTSCHOW y cols., 1975). Tamaños relativos de corazón a partir de 14 ml/kg se denominan *corazón de deportista*.
- El volumen máximo relativo de oxígeno como criterio global de la capacidad de entrenamiento tiene para niños no entrenados su valor normativo en 40-48 ml/kg/min. Los niños entrenados en resistencia registran valores hasta 60 ml/kg/min. Estos tamaños corresponden a deportistas adultos de resistencia de un nivel medio de rendimiento.
- Los datos en el ámbito del umbral anaeróbico indican en niños que practican deporte una tendencia con características de adultos entrenados: El equilibrio máximo láctico está por debajo de 4 mmol/l (3,0-3,5 mmol/l); se utiliza para ello aproximadamente un 80% del volumen máximo de oxígeno con frecuencias cardíacas entre 180 y 190/min. Estos valores relativos se empeoran durante la pubertad (aproximadamente un 70% del volumen de oxígeno, 178 FC/min), lo que se explica por el incremento de la masa corporal que es más acelerado que el de la capacidad funcional de rendimiento a través del entrenamiento (GAISL/BUCHBERGER, 1986).

Según BURL y cols. (1982), el porcentaje de utilización del volumen máximo de oxígeno durante la fase de transición aeróbico-anaeróbica (velocidad frente a una concentración láctica de 3 mmol/l) se sitúa en los niños en un 75%, en deportistas adultos de ocio igualmente en un 75% y en deportistas de alto rendimiento alrededor del 80%. Esta fase de transición aeróbico-anaeróbica (3 mmol/l de lactato) se alcanza en caso de los niños (entre 8-10 años) con una velocidad de carrera promedio de 11,5 km/h, en deportistas de ocio con 11,8 km/h y en deportistas de alto rendimiento con 17,6-19,4 km/h.

- Desde la perspectiva del metabolismo muscular existen en los niños buenas condiciones para una capacidad de rendimiento aeróbico, según KEUL y cols. (1982) y KÖNIGER (1987) se puede prever en niños un mayor grado de oxidación de lípidos libres que en los adultos debido a la relación constatada entre el glicerol y los lípidos libres en su sangre. Las causas de ello parecen ser el desarrollo todavía incompleto de la capacidad glucolítica y el control hormonal existente (catecolaminas, sobre todo adrenalina, y hormona de crecimiento STH).
- En cuanto a la termorregulación existen ciertas desventajas para los niños. Ellos segregan poco sudor (las glándulas sudoríficas aún no están totalmente desarrolladas) así que se mantiene baja la eliminación del calor a través de una evaporación muy eficiente. Luego, el calor producido durante cargas de resistencia requiere un mayor transporte sanguíneo hacia la piel (radiación calórica) y una mayor respiración (eliminación del calor mediante respiración presionada y rápida). Los dos fenómenos delimitan la capacidad de resistencia en ambientes calientes. A pesar de que esta termorregulación sea entrenable, siempre quedan déficit frente a los adultos.

Condicionantes biológicos de la capacidad de resistencia anaeróbica

La capacidad anaeróbica se ha de apoyar en condicionantes mucho menos favorables que la aeróbica, debido en concreto a las siguientes realidades:

- El depósito fosfagénico de la célula muscular (= capacidad anaeróbica aláctica) es inferior que el del adulto. Esto implica una utilización en comparación anterior de la producción de energía glucolítica (láctica).
- La glucólisis anaeróbica, es decir, la capacidad de producir elevadas cantidades de lactato se delimita debido a la baja actividad (cantidad) de sus enzimas clave (PFK) (KINDERMANN y cols., 1978, 222). Sólo en la pubertad se inicia un incremento. Así que no se facilita la produc-

ción de mucho lactato (niños de 4-6 años: 3-6 mmol, de 6-9: 4-8 mmol, jóvenes de 15 años: 6-14 mmol).

- Para producir la misma cantidad de lactato que los adultos se requiere una liberación de catecolaminas *mucho más elevada* (nivel de adrenalina-noradrenalina 10 veces superior; LEHMANN y cols., 1980, 230). Este elevado incremento de hormonas del estrés lleva al límite psicofisiológico del esfuerzo.
- La eliminación del lactato es *retardada* en comparación con el adulto lo que se manifiesta como una *delimitación de la capacidad de recuperación*. Según KLIMT y cols. (1973) los valores de lactato después de una carrera de 800 m no volvieron a su nivel inicial en niños de 8 a 9 años hasta pasada una hora.
- También los niños pueden *incrementar* la capacidad lactácida a través de *varios años de entrenamiento*; pero, igual que los adultos, mediante cargas *específico-deportivas*. Los niños de 9 años pueden producir entonces cantidades de lactato de 13 mmol/l en 50 m de natación y 16 mmol/l en 200 m lisos (BORMANN y cols., 1981). Estos valores se pueden comparar con valores máximos de adultos (superiores a 20 mmol/l).

A pesar de estas posibilidades, este tipo de cargas anaeróbico-lactácidas no son apropiadas para niños por las razones antes mencionadas.

Cargas de entrenamiento

Dentro de esta temática hemos de diferenciar entre el deporte escolar (deporte higiénico-profiláctico) y deporte asociativo (deporte de rendimiento).

El deporte escolar

Tanto para la *edad escolar temprana como la tardía* valen principalmente las mismas directrices:

- Siguiendo el principio de la actividad adecuada para niños, las cargas aeróbicas son adecuadas para esta edad. Cargas anaeróbicas se han de evitar dentro de lo posible. En el entrenamiento de resistencia, el acento sobre el volumen debe prevalecer sobre el acento sobre la intensidad.
- El primer objetivo es el poder soportar una carga continua de unos 20 minutos. El procedimiento para conseguirlo pasa por cargas de varios minutos que, empezando con 5 minutos, se incrementarán sucesivamente en un 10% (en cada 2.ª o 3.ª clase práctica). Sólo entonces

se debe incrementar la intensidad. REISS (en DEMETTER, 1981, 72), por ejemplo, establece las siguientes condiciones de carrera para mejorar la capacidad aeróbica:

edades de 6 a 7 años	7 minutos
edades de 8 a 9 años	10 minutos
edades de 10 a 11 años	12-15 minutos
edades de 12 a 13 años	15-18 minutos
edades de 14 a 15 años	18-20 minutos
edades de 16 a 17 años	20-25 minutos

- El tiempo bruto de carga semanal de 60 minutos necesario para el efecto higiénico (para adultos) se puede reducir para niños a 45 minutos por semana por su mejor entrenabilidad. No obstante, se requiere una frecuencia mínima de entrenamiento de dos veces por semana para conseguir los cambios reales en el organismo, además de la mejora de la condición física. La frecuencia óptima de entrenamiento es entre 3 y 4 veces por semana (es decir, tres veces a 15 minutos o cuatro veces unos 12 minutos).
- Con dos entrenamientos por semana se prevén de 4 a 5 semanas (o sea, 8-10 sesiones de entrenamiento) para una disminución significativa de la frecuencia cardíaca en reposo y una economización del sistema cardiovascular (HOLLMANN/HETTINGER, 1980).

Otras modificaciones cardiovasculares que produzcan un incremento del volumen máximo de oxígeno se han de esperar como muy pronto después de unas 10 semanas (unas 20 sesiones de entrenamiento), que es generalmente después de 4-6 meses).

- La intensidad de carga efectiva de entrenamiento es entre ligera y mediana (aproximadamente, el 50-70% del máximo esfuerzo cardiovascular) para el entrenamiento de base con orientación higiénica. Esto corresponde para niños a frecuencias cardíacas de unas 150-170/min. Puesto que el control de la intensidad a través de la frecuencia cardíaca resulta muy difícil —como ya mencionamos— resulta más apropiado preestablecer la velocidad (por el profesor o un alumno) cara al esfuerzo individual. BUSCHMANN (1986, 57) propone para las diferentes edades velocidades de carrera atlética que pueden servir de orientación (tabla 63). Esta forma de control de la intensidad requiere, sin embargo, una sensibilidad del profesor para la velocidad que no se suele obtener sin una buena experiencia en carreras.

Para la práctica de resistencia para principiantes queda finalmente sólo el control individual a través de la respiración: «correr de forma que se permita todavía una conversación con los compañeros mediante frases unidas sin que llegue a faltar el aire». Así se evita al menos sobrepasar la intensidad superior de carga.

- Métodos de entrenamiento apropiados son las variantes del método continuo (carrera campo traviesa, por el bosque, cross, carrera de obs-

Tabla 63. Propuestas de intensidades adecuadas al nivel de edad a través de la velocidad de carrera (km/h) para cargas de 12 y 30 min, respectivamente (modificado en base a BUSCHMANN, 1986, 57).

Edad (años)	Carrera de 12 minutos		Carrera de 30 minutos	
	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas
7	8-10,5		8-9	
8	10,75	10	9,75	9,25
9	11	10	10	9,75
10	11,5	10,5	10,5	9,75
11	11,75	10,5	10,75	10
12	11,75	10,75	11	10
13	12,25	11	11,5	10,5
14	12,5	11,5	11,75	10,75
15	12,5	11,75	12,25	10,75
16	13,0	11,75	12,5	10,75

táculos, fartlek, carrera de orientación adaptada al niño) y cargas intervalicas (juegos, juegos paradesportivos colectivos, relevos), siempre que en estas últimas se evite al máximo la implicación de la capacidad anaeróbica, adaptando adecuadamente la duración e intensidad de la carga y la extensión de las pausas. El fundamento esencial dentro de la metodología del entrenamiento es en este contexto la constante alternancia de los métodos de entrenamiento y también de sus contenidos. Además de la carrera atlética también se ha de incluir —siempre que el marco organizativo lo permita—, por ejemplo, el ciclismo, patinaje sobre ruedas, excursionismo, natación, remo, piragüismo, esquí de fondo y patinaje de velocidad sobre hielo. Una postura positiva frente al deporte de resistencia sólo se puede conseguir o bien se mantiene cuando el entrenamiento resulta variado. La tabla 64 ofrece algunos ejemplos de entrenamiento de la resistencia para niños, en BUSCHMANN (1986, 90-115) se encuentra una colección amplia de formas de entrenamiento.

- Si por razones internas del deporte escolar (por ejemplo, número de horas de educación física y su distribución, otros objetivos establecidos en el plan educativo) no siempre se permita la realización regular del entrenamiento de la resistencia, necesaria desde el punto de vista biológico, se ha de realizar un «entrenamiento periodizado de la resistencia». Con esto se entiende la *realización concentrada y preferencial de sesiones de entrenamiento de la resistencia (2 a 3 veces por semana) a lo largo de 4-6 semanas*. De esta forma, la resistencia se puede mejorar notablemente. La capacidad de rendimiento en edad infantil no

Tabla 64. Ejemplos de formas de entrenamiento adecuadas para niños.

Seguindo el principio continuo	Seguindo el principio interválico
<ul style="list-style-type: none"> - Carreras de varios minutos (¿quién puede correr durante 1, 2, 3, etc. minutos sin descanso?) - Carreras de varios minutos siguiendo el sistema de la pirámide (1-2-3-2-1 min) - Certificado de resistencia I, II, III (5, 10, 15 min de carrera continua) - Carreras en triángulo (fig. 69) con la previa que las esquinas se han de alcanzar en determinados momentos (por ejemplo, silbato) (llegar a mantener una velocidad de carrera constante) - Carrera en el laberinto: en un terreno de difícil orientación se recorre una distancia lo más larga posible teniendo que seguir unos indicadores - Correr acompañado por el compañero que va en bicicleta: después de determinados tiempos de carga se cambian corredor y ciclista 	<ul style="list-style-type: none"> - Pequeños juegos como blanco-negro, competición por números, el hombre negro - Relevos: relevos de vaivén, relevos con vuelta, relevos en círculo sin fin (con tareas adicionales en cuanto a la forma de desplazamiento y transportando objetos) - Pequeños juegos colectivos como balón rodado, fútbol sentado, rugby - Deportes colectivos como balonmano, baloncesto, fútbol, hockey: modificando adecuadamente las dimensiones del campo y el reglamento - Recorrer figuras: figuras o números dibujados (con la máquina de trazar las líneas del campo de fútbol) se recorren siguiendo el trazado

se perderá después ya que en los siguientes períodos de deporte escolar marcados por otros objetivos (por ejemplo, la coordinación, velocidad) puede mantenerse el nivel de resistencia alcanzado con juegos y el entrenamiento de la condición física. Dos «períodos de entrenamiento de la resistencia» de este tipo en un curso escolar son mucho más eficaces que clases puntuales de resistencia repartidas durante un espacio más largo de tiempo. Esta última forma es prácticamente ineficaz cara a un mejoramiento.

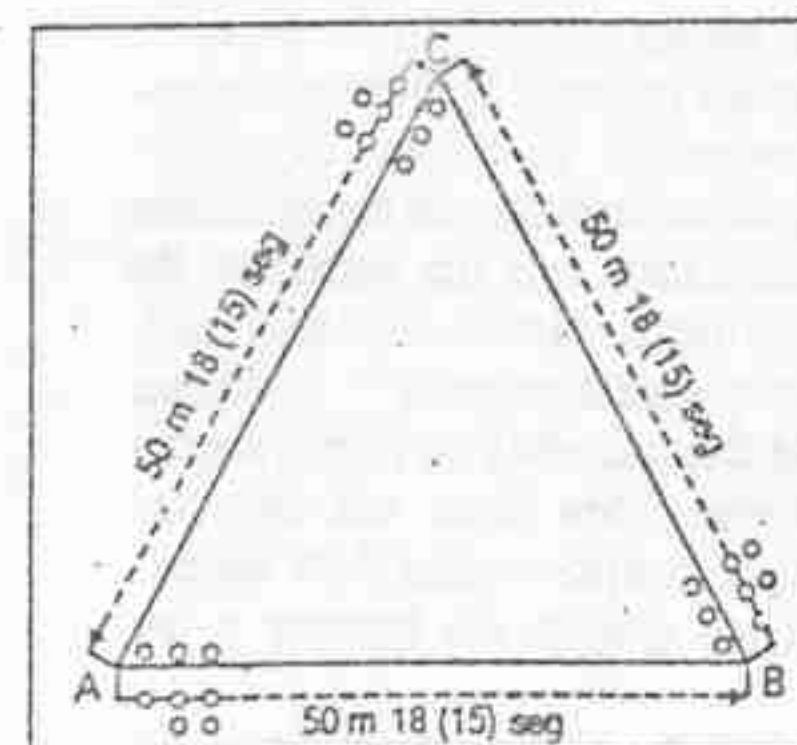


Figura 69: Ejemplo de organización de una carrera en triángulo estableciendo previamente los tiempos de carrera.

Durante la *pubertad* (sobre todo en la primera fase puberal) existen por una parte las mejores condiciones —debido a la maduración— para desarrollar la resistencia aeróbica y, por otra, se produce un retroceso de la resistencia natural en caso de ausencia de los estímulos de carga correspondientes. Además, en esta edad suele faltar la motivación adecuada para las cargas monótonas del entrenamiento de la resistencia. Luego, nos encontramos ante una cierta problemática para desarrollar eficazmente un entrenamiento de la resistencia en el deporte escolar.

- Los métodos de entrenamiento preferenciales en esta fase son el método continuo variable (fartlek, carrera alternando la velocidad, carreras de obstáculos) y cada vez más también el método intermitente extensivo e intensivo. La variante extensiva del método intermitente con intensidades medias de carga sirve mayoritariamente para fomentar la capacidad aeróbica (sobre todo, el rendimiento cardíaco) y la variante extensiva con intensidades submáximas e intervalos cortos para desarrollar la capacidad anaeróbica (ante todo, la producción energética anaeróbico-láctica; en menor grado la tolerancia para el lactato).
- Los contenidos y formas del entrenamiento varían mucho en comparación con la edad infantil. Las formas adecuadas a esta edad se centrarán en carreras sobre diferentes terrenos, carreras con acompañante sobre bicicleta, policoncursos de resistencia (por ejemplo, correr + bicicleta, remo + natación) o bien relevos interminables (por ejemplo, distribuyendo tres corredores para cada vuelta a la pista), carreras sobre colinas y juegos deportivos (fútbol, balonmano de campo grande, baloncesto campo de juego aumentado).
- Por el hecho de que el retroceso de capacidades físicas adquiridas en esta edad es relativamente rápido por falta de cargas específicas no será apropiado el «entrenamiento periodizado de la resistencia» como solución para el deporte escolar, tal como ocurrió en la edad infantil. Sólo se puede prever un incremento de la capacidad de resistencia con un mínimo de 2 a 3 cargas por semana (de 30 o bien 20 minutos de duración efectiva, cada una). El mantenimiento de un mínimo higiénico de resistencia adquirido se alcanzará con un mínimo de una clase de educación física específicamente dedicada al desarrollo de la resistencia y otra clase de juegos. Esto significa para la práctica del deporte escolar que los/las alumnos/as de esta edad se han de estimular a actividades autónomas en el tiempo libre (una vez por semana, como mínimo) o bien que se ofrezca la oportunidad de entrenamiento suficiente y regular dentro de los grupos de interés y de rendimiento organizados por el centro.
- La importancia de concursos de resistencia para el entrenamiento de la resistencia enmarcado en el deporte escolar no se debe de subestimar cara a la motivación para el entrenamiento. Esto se refiere tanto

para la edad infantil como la juvenil. Las posibilidades se dan dentro de los grupos de interés (por ejemplo, serie de sesiones de footing con una puntuación acumulativa), entre diferentes cursos escolares o edades (por ejemplo, concursos de relevo, existiendo en cada caso un equipo primero, segundo, tercero, etc., o una puntuación total de todos los miembros de un curso) y en un nivel global de la escuela (campeonatos escolares en diferentes modalidades de resistencia).

- Los controles de rendimiento no pueden faltar en el ámbito del deporte escolar. Resulta indispensable medir en determinados momentos la capacidad de resistencia mediante tests con el fin de poder determinar las cargas óptimas para el entrenamiento de la resistencia de niños y jóvenes y para ver el progreso alcanzado en el rendimiento. De la multitud de pruebas existentes se prestan para ello mejor el test de Cooper de 12 minutos o el de 15 minutos de carrera (según PAHLKE/PETERS, 1979). En ambas pruebas se debe de realizar durante un tiempo preestablecido (12 y 15 minutos, respectivamente) corriendo o bien caminando la mayor distancia posible. A través de las tablas de rendimiento elaboradas (tablas 65 y 66) podemos valorar el nivel de resistencia de cada alumno en función de la distancia recorrida. Pruebas de duración inferior o de distancias más cortas no son apropiadas para determinar la capacidad de resistencia aeróbica, puesto que la resistencia anaeróbica adquiere mayor peso con cargas más cortas. Ésta también es la razón por la que distancias de 600-1.200 m no son adecuadas para pruebas para edades infantiles. Con la meta de ser el más rápido posible se provoca justamente lo que los niños de estas edades aún no poseen (abastecimiento energético por vía anaeróbica).

El deporte asociativo

La *edad escolar temprana y tardía* (8-12 años) coincide en la mayoría de los deportes de resistencia con el nivel del entrenamiento de los fundamentos. La natación es una excepción. Allí se entrena al final de este

Tabla 65. Evaluación del rendimiento en el test de Cooper para niños y jóvenes. (Para las chicas se descuentan en cada distancia 200 m).

Condición física	Años									
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Excelente	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050
Muy buena	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850
Buena	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450
Satisfactoria	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050
Deficiente	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450

Tabla 66. Evaluación del rendimiento de resistencia mediante la distancia recorrida en la carrera de 15 minutos en función de la edad del atleta (PAHLKE/PETERS, 1979, 359).

Edad	Rendimiento de resistencia (distancia en m después de 15 min)		
	Bueno	Suficiente	Insuficiente
Chicos			
7	Superior a 2600	2600-2200	Inferior a 2200
8	Superior a 2800	2800-2300	Inferior a 2300
9	Superior a 3000	3000-2400	Inferior a 2400
10	Superior a 3200	3200-2600	Inferior a 2600
11	Superior a 3300	3300-2700	Inferior a 2700
12	Superior a 3400	3400-2800	Inferior a 2800
13	Superior a 3500	3500-2900	Inferior a 2900
Chicas			
7	Superior a 2300	2300-2000	Inferior a 2000
8	Superior a 2400	2400-2100	Inferior a 2100
9	Superior a 2600	2600-2300	Inferior a 2300
10	Superior a 2800	2800-2400	Inferior a 2400
11	Superior a 3000	3000-2500	Inferior a 2500
12	Superior a 3100	3100-2600	Inferior a 2600
13	Superior a 3200	3200-2700	Inferior a 2700

nivel de entrenamiento con volúmenes mucho más elevados que corresponden al nivel del entrenamiento de profundización.

En cuanto a la carrera atlética se pueden destacar las siguientes líneas maestras para un entrenamiento de la resistencia adaptado a la edad (BUSCHMANN, 1986):

- El volumen de entrenamiento es de 5-6 horas semanales (= 30-50 km; tabla 67), la intensidad es mayoritariamente mediana a submáxima (método continuo extensivo, método continuo variable). En ocasiones también se trabaja la capacidad aeróbica máxima (método continuo intensivo, método de repeticiones con carreras de velocidad). Esto último se requiere para la óptima formación del sistema cardiovascular, aplicándolo de forma reflexionada. Los valores de lactato producidos se sitúan algo por encima del umbral anaeróbico (unos 5-6 mmol/l).
- El entrenamiento de los fundamentos ya se tiene que periodizar (estructuración del año de entrenamiento), concretamente de forma que

Tabla 67. Volumen e intensidad en el entrenamiento de base (sinopsis).

Edad	Sesiones de entrenamiento	Volumen	Semana	Relación aeróbica: anaeróbica
8	4	30 km	6:00 min/km (= 2,7 m/seg)	6:1
9/10	4	30 km	5:45 min/km (= 2,9 m/seg)	6:1
11/12	4	50 km	5:30 min/km (= 3,1 m/seg)	6:1

las condiciones climáticas (invierno) y las vacaciones escolares marquen los periodos de transición entre los bloques de entrenamiento y de competición (fig. 70). Las competiciones forman en primer lugar un medio de entrenamiento (medio para alcanzar un objetivo), por lo que el entrenamiento y las competiciones se realizarán paralelamente a lo largo de todos los «periodos de competiciones».

- BUSCHMANN (1986, 66) propone valores normativos para el control del rendimiento al final del entrenamiento de los fundamentos (edad 12 años) (tabla 68).

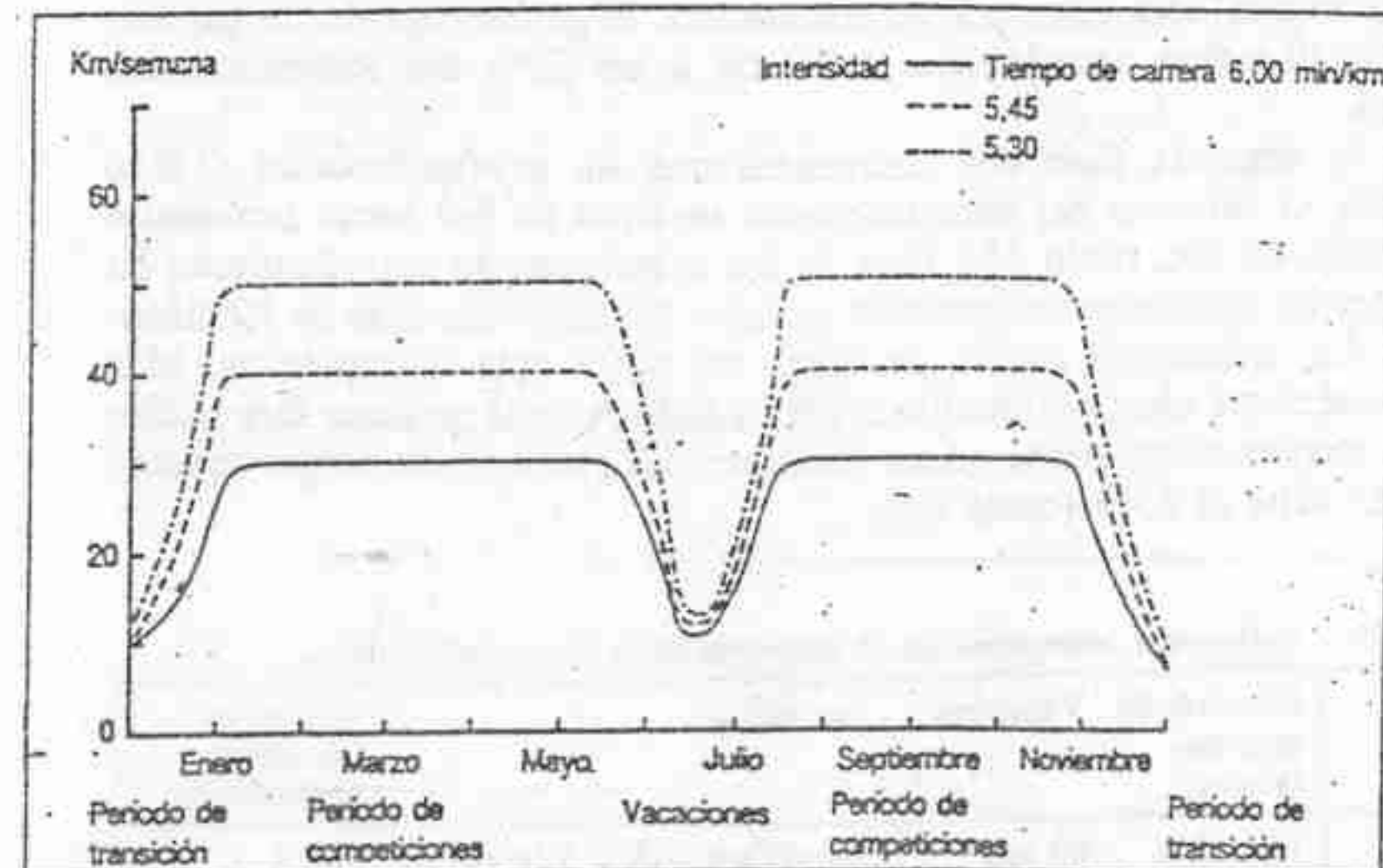


FIGURA 70: Esquema de periodización para fondistas durante el entrenamiento de base (8-12 años de edad).

El nivel del entrenamiento de profundización —que a su vez se puede subdividir en dos fases— se ubica generalmente dentro de la *pubertad* (entre los 13 y 17 años de edad, aproximadamente). En el supuesto que se haya pasado previamente por un entrenamiento de los fundamentos se pueden establecer las siguientes directrices para las cargas de entrenamiento (de la carrera atlética):

Tabla 68. Control del rendimiento al final del entrenamiento de base.

	Chicos	Chicas
100 m	15,0 seg	15,4 seg
800 m	2:30-2:35 min	2:45-2:50 min
1 000 m	3:05-3:10 min	3:15-3:20 min
3 000 m	10:30-10:45	11:30-11:45 min
10 000 m	inferior a 40 min	40-42 min
Medio maratón	1 h 35-1 h 45 min	1 h 40-1 h 50 min

- El volumen de entrenamiento se incrementa durante la primera fase (13/14 años) hasta 6-7 horas semanales (= unos 60 km de recorrido; tabla 69). Una de las 5 sesiones de entrenamiento debería tener una duración de dos horas para favorecer más el desarrollo de la capacidad aeróbica. La intensidad de carga se incrementa a nivel global ya que las variantes intensivas, de cada uno de los *métodos continuo* (intensidades submáximas) e *interrálico* (intensidades submáximas a máximas) alcanzan mayor utilización. El porcentaje de cargas mayoritariamente anaeróbicas sube así a un 20% del entrenamiento total.
- En la segunda fase del entrenamiento de profundización (15/16 años), el volumen del entrenamiento se sitúa en 8-9 horas semanales (= unos 80 km; tabla 69). Una de las 6 sesiones de entrenamiento ha de ser de dos horas de duración y como mínimo una más de 90 minutos. La intensidad media de carga no sufre más incrementos. Más bien será así que la intensidad incrementada de la primera fase recibe una mayor acentuación en su volumen. La parte de las cargas anaeróbicas sube al 25% (tabla 69).

Tabla 69. Volumen e intensidad en el entrenamiento de profundización.

Edad	Sesiones de entrenamiento	Volumen	Intensidad	Relación aeróbica: anaeróbica
13/14	5(1 x 2 h)	60 km	5 min/km (= 3,3 m/seg)	4/5:1
15/16	6(1 x 2 h)	80 km	5 min/km (= 3,3 m/seg)	4:1

- La periodización anual del entrenamiento de profundización se rige principalmente por los mismos criterios que en el entrenamiento de los fundamentos. Solamente se incrementa la intensidad a igual volumen durante el período de competiciones entre marzo y julio en función de algunas pocas competiciones consideradas de campeonato de título. Por lo demás, las numerosas competiciones (unas 15-20 por año) siguen manteniendo su carácter de competiciones de entrenamiento. Al no ser así, esta multitud implicaría una clara sobrecarga psicofísica.

Finalmente indicaremos en una *tabla sinóptica* (tabla 70) de nuevo la necesidad de diferenciar las cargas en función de la edad dentro del ámbito del deporte escolar y de rendimiento.

Una vez acabado el entrenamiento de profundización (al final de la segunda fase puberal) se inicia el entrenamiento de rendimiento con una cierta especialización en distancias o bien modalidades. Para este nivel de entrenamiento serán válidos los *criterios del entrenamiento con adultos*.

Tabla 70. Sinopsis de las cargas adecuadas a los niveles de edad en el deporte escolar y de rendimiento.

Nivel de edad	Deporte escolar	Deporte asociado (de rendimiento)
Edad escolar temprana 6-9 años	«Entrenamiento periódico de la resistencia» 4-6 semanas, volumen: 45 min/semana (9-10 km) Intensidad: ligera (50-60%)	8-12 años Entrenamiento de base Volumen: 5-6 h/semana (30-50 km) Intensidad: mediana-submáxima V = 6-5 1/2 min/100 m
Edad escolar tardía 10-11/12 años	«Entrenamiento periódico de la resistencia» 4-6 semanas, volumen: 45 min/semana (9-10 km) Intensidad: ligera (50-60%)	13-14 años Entrenamiento de profundización Volumen: 6-7 h/semana 60-70 km; 5 sesiones de entrenamiento Intensidad: mediana-submáxima V = 5 min/100 m
1.ª fase puberal 13-15 años ♀ 12-14 años	Clases regulares (2-3 sesiones de entrenamiento) Volumen: 60 min/semana (grupos voluntarios, trabajo autónomo) Intensidad: mediana (60-75%)	15-16 años Volumen: 7-8 h/semana Intensidad: mediana-submáxima V = 5 min/100 m Periodización: después de vacaciones y descanso de invierno
2.ª Fase puberal 15-18 años ♀ 14-17 años		

Índice

Introducción	7
1. Introducción a la terminología de la teoría del entrenamiento	9
Conceptos fundamentales de la teoría del entrenamiento	9
Principios del entrenamiento	15
2. Características de la resistencia sobre capacidad motriz	25
Formas de cansancio	27
Función de la resistencia	28
La resistencia como elemento de la condición física	30
Definición de la resistencia	30
3. Estructura de la resistencia	32
Diferentes alternativas de estructuración	32
Resistencia local y general	32
Resistencia aeróbica y anaeróbica	34
Resistencia dinámica y estática	36
Resistencia de duración corta, mediana y larga	38
La capacidad de resistencia en función de parámetros presentes	39
Resistencia de base y específica	41
4. Fundamentos biológico-deportivos de la resistencia como complejo	44
Fuentes energéticas de la célula muscular	44
Almacenes de energía	44
La importancia clave de la disociación de ATP	46
Metabolismo anaeróbico	48
Metabolismo aeróbico	52
Función de enzimas y sustratos	55
Intensidades de las cargas y su abastecimiento energético ..	57
Absorción máxima de oxígeno (VO_{2max})	58
Parámetros	59
Absorción máxima de oxígeno absoluta y relativa	60
Evolución en función de genética y edad	63
Datos específicos de cada deporte	64
Entrenabilidad	65
Déficit, deuda y steady-state de oxígeno	65
Umbral aeróbico, umbral anaeróbico, fase de transición aeróbico-anaeróbica	69

Tipos de fibras musculares	72
Características	73
Distribución de los tipos de fibras	75
Adaptaciones al entrenamiento	75
Regulación neurohormonal	76
Sistema nervioso vegetativo	78
Hormonas importantes	78
Restauración del equilibrio hormonal	80
Regulación calórica y equilibrio de electrolitos/agua	81
Función del sistema neuromuscular	85
 5. La resistencia desde una perspectiva práctica del entrenamiento	88
Sinopsis en función de formas y tipos de resistencia	88
Resistencia de base I	91
Resistencia de base II	92
Resistencia de base acíclica	93
Resistencia de duración corta	95
Resistencia de duración mediana	96
Resistencia-velocidad, resistencia-fuerza	98
Resistencia de duración larga	99
Resistencia de duración larga I	100
Resistencia de duración larga II	101
Resistencia de duración larga III	103
Resistencia de duración larga IV	105
Importancia de los tipos de resistencia en los diferentes ámbitos deportivos y deportes	106
 6. Metodología del entrenamiento de la resistencia	110
Métodos fundamentales	110
Método continuo	110
Métodos interválicos	113
Métodos de repetición	114
Método de competición o de control	114
Métodos específicos	115
Método continuo extensivo	115
Método continuo intensivo	117
Método continuo variable (método mixto)	118
Método interválico extensivo con intervalos largos	118
Método interválico extensivo con intervalos medianos	119
Método interválico intensivo con intervalos cortos	120
Método interválico intensivo con intervalos extremadamente cortos	120
Método de repeticiones con intervalo largo	121
Método de repeticiones con intervalos medianos	122
Método de repeticiones con intervalos cortos	122
Método de cargas aisladas específicas de competición	123

Medidas metódicas auxiliares	123
Entrenamiento de la altura	124
Entrenamiento en condiciones más difíciles	125
Métodos de entrenamiento para los diferentes tipos de resistencia	126
Entrenamiento de la resistencia de base I	127
Entrenamiento de la resistencia de base I en el entrenamiento preventivo	127
Programa preventivo mínimo	130
Programas complementarios	131
Programa preventivo óptimo	133
Resistencia de base I en el deporte de rendimiento	138
Entrenamiento de la resistencia de base II	141
Entrenamiento de la resistencia de base acíclica	145
Entrenamiento de las formas específicas de resistencia	148
 7. Desarrollo y planificación de la capacidad de resistencia	157
Aspectos generales de planificación	157
Tests para la capacidad de resistencia	159
Tests inespecíficos de laboratorio médico-deportivo	160
Tests de campo específicos	163
Ámbitos de la intensidad del entrenamiento de la resistencia ..	173
Control de la carga en el entrenamiento	177
Test inmediato de glucógeno	179
Análisis de urea y creatinquinasa desde el suero sanguíneo ..	179
Análisis de las catecolaminas	182
Análisis del amoníaco sanguíneo	183
Análisis electrolíticos	185
Autocontrol de los atletas	186
Tiempos de regeneración y medidas auxiliares	187
Tiempos de adaptación en relación a la periodización y ciclización del entrenamiento	195
Documentación del entrenamiento	197
 8. Entrenamiento de la resistencia en edades infantil y juvenil ..	198
Niveles de edad	194
Condicionantes biológicos de la capacidad de resistencia aeróbica	199
Condicionantes biológicos de la capacidad de resistencia anaeróbica	201
Cargas de entrenamiento	202
El deporte escolar	202
El deporte asociativo	207
 Bibliografía	213